Documentazione Tecnica

Analizzatore di vibrazione del corpo umano tipo 4447

Manuale d'istruzione

Brüel & Kjær

Italian BE 1828 – 11

Analizzatore di vibrazione del corpo umano tipo 4447

Manuale utente

BE 1828–11

luglio 2009

Considerazioni sulla sicurezza

Questo strumento è stato progettato e verificato in conformità alle richieste delle normative EN/IEC 61010 – 1 ed ANSI/UL 61010 – 1 *Requisiti di sicurezza degli apparecchi elettronici di misura, controllo ed uso in laboratorio*. Questo manuale contiene le informazioni e gli avvertimenti a cui l'utente deve attenersi, per garantire un funzionamento corretto dello strumento in completa sicurezza e per preservarlo da eventuali danni.

Simboli di sicurezza

 Lo strumento sarà marcato con questo simbolo quando l'utente dovrà riferirsi ai messaggi di avvertenza dati dal manuale

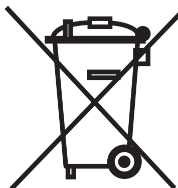
 Presa a terra di protezione  Tensione pericolosa

Pericolo di esplosione

Questo strumento non è adatto per l'uso in ambienti potenzialmente esplosivi. Si raccomanda di non usare questo strumento in presenza di liquidi o gas infiammabili

Avvertenze

- Spegnere tutta la strumentazione, prima di collegarla o scollegarla all'interfaccia digitale. Senza questa precauzione, la strumentazione rischia di danneggiarsi.
- Nel caso che la strumentazione non funzioni correttamente o non funzioni in condizioni di sicurezza, scollegare la corrente, assicurandosi che non possa essere rimessa in funzione inavvertitamente.
- L'apertura dello strumento per effettuare qualsiasi regolazione, riparazione e manutenzione deve essere evitata per quanto possibile. Questo genere d'interventi deve essere effettuato solo da personale qualificato ed autorizzato.



- Non trattare le apparecchiature elettroniche dismesse come rifiuti urbani non differenziati
- È responsabilità civile contribuire alla salvaguardia dell'ambiente usando sistemi di raccolta differenziata
- Le sostanze pericolose presenti negli strumenti elettronici possono avere effetti nocivi sia sull'uomo che sull'ambiente
- Qualsiasi apparecchio che abbia questo simbolo deve essere trattato con un sistema di raccolta rifiuti differenziata
- La strumentazione elettrica ed elettronica non più utilizzabile deve essere riconsegnata al rappresentante locale o al quartier generale Brüel & Kjær

Marchi registrati

Microsoft, **Windows** ed **Excel** sono marchi registrati di Microsoft Corporation e **Windows Vista** è un marchio di Microsoft Corporation. **VELCRO**® è un marchio registrato di Velcro Industries B.V. **Pentium** è un marchio di Intel Corporation negli Stati Uniti e negli altri paesi.

Indice dei contenuti

Capitolo 1

Introduzione

L'Analizzatore di vibrazione del corpo umano tipo 4447, misura e oggettivamente valuta la vibrazione trasmessa del corpo umano.

1.1 Il manuale utente

Questo manuale descrive il 4447 dalla versione firmware 3.0.1 ed il software associato 4447 Vibration Explorer, BZ-5623 versione 2.0.0 in avanti.

Questo manuale è diviso nelle seguenti sezioni:

- Capitolo 1 – Introduzione: Breve descrizione delle misure di vibrazione trasmesse al corpo umano, caratteristiche di base e parametri del 4447
- Capitolo 2 – Misura delle vibrazioni trasmesse al corpo umano: la teoria dietro alle misure
- Capitolo 3 – L'uso del 4447: il funzionamento del 4447
- Capitolo 4 – Misura delle vibrazioni trasmesse al corpo umano: istruzioni su come misurare le vibrazioni
- Capitolo 5 – Postelaborazione: come trasferire i dati dal 4447 ad un computer per l'elaborazione dei dati
- Capitolo 6 – Manutenzione e service: istruzioni per la manutenzione dello strumento
- Capitolo 7 – Caratteristiche tecniche del 4447

Nota: il 4447 misura le vibrazioni e presenta i risultati usando unità di misura diverse (si veda la sezione 3.3). Questo manuale è scritto usando l'unità m/s^2, che è l'unità di misura predefinita dello strumento.

1.1.1 Convenzioni usate in questo manuale

Le istruzioni e le descrizioni a cui si riferiscono i tasti del 4447 sono mostrate come icone, uguali a quelle raffigurate sullo strumento. Si veda la sezione 3.2 per un elenco completo dei tasti e delle loro funzioni.

Argomenti del menu

Indicati con caratteri in grassetto (esempio: selezionate **Calibrazione** dall'elenco delle opzioni).

Parametri e testo come appaiono sullo schermo

I parametri, i testi e le variabili matematiche che appaiono sullo schermo sono indicati con caratteri in corsivo (per esempio, '*Ponderazione*', '*Corpo intero*').

1.2 La vibrazione del corpo umano

La vibrazione del corpo umano è definita come l'effetto delle vibrazioni meccaniche sul corpo umano. Durante la vita quotidiana, tutti siamo esposti a delle vibrazioni di diverso tipo come ad esempio, quelle in autobus, nei treni o in automobile. Molte persone sono esposte ad altri tipi di vibrazioni durante il loro lavoro giornaliero, per esempio a vibrazioni prodotte da utensili manuali, da macchinari fissi o mobili e da veicoli pesanti.

Esattamente come l'orecchio umano può percepire il suono come una musica o come un rumore irritante, così le vibrazioni trasmesse al corpo umano possono essere piacevoli o fastidiose. Quando balliamo, corriamo, ecc. produciamo delle vibrazioni piacevoli, ma, se esposti a vibrazioni più violente, come percorrere in macchina una strada dissestata oppure, impugnando un martello pneumatico, non proviamo la stessa soddisfazione ed in più rischiamo delle patologie.

Ci sono molti aspetti della vibrazione del corpo umano e questo manuale si focalizza soprattutto su quelli che sono d'interesse per la sicurezza e la salute sul luogo di lavoro: vibrazione trasmessa al corpo intero e vibrazione sistema mano-braccio. La prima viene trasmessa al corpo nel suo insieme, in genere attraverso superfici che lo sorreggono (pavimento, sedili, schienale, ecc). L'esposizione prolungata ad un'emissione vibrante può causare danni fisici permanenti o disturbi al sistema nervoso. L'esposizione giornaliera ad una vibrazione mano-braccio per un certo numero di anni può provocare malattie permanenti, come la ben nota 'sindrome del dito bianco' oppure danneggiare le giunture e i muscoli del polso e del gomito.

Molte ricerche e studi sono stati effettuati per valutare l'effetto della sovra-esposizione a vibrazioni sull'individuo, specialmente nell'ambiente di lavoro ed i risultati sono utilizzati per stabilire le normative internazionali che permettono di valutare l'esposizione alla vibrazione del corpo umano.

La Direttiva EU 2002/44/EC ha introdotto i requisiti minimi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, per proteggerli dall'esposizione ai rischi crescenti dovuti a emissioni vibranti nel corso del loro lavoro. I requisiti stabiliscono che le misure di vibrazione corpo intero e mano-braccio utilizzino strumenti che siano conformi a queste normative e l'analizzatore di vibrazione del corpo umano tipo 4447 è uno di questi.

Dal punto di vista della misura e della postelaborazione, si può guardare al problema in modo classico, partendo dalla sorgente della vibrazione, al mezzo di trasmissione fino al ricevente. Alla sorgente c'è un processo, un'operazione o un macchinario che causa la vibrazione. In teoria, le vibrazioni alla sorgente dovrebbero essere evitate o adeguatamente minimizzate, ma

talvolta non è possibile ridurre l'emissione ad un livello accettabile. Il passo successivo è quello di cercare di attenuare la vibrazione prima che entri in contatto con il corpo umano o il sistema mano-braccio, usando degli smorzanti nella costruzione dei sedili, oppure dei guanti o altro. Sfortunatamente la capacità di attenuare la vibrazione è anch'essa limitata e il lavoratore, o ricevente, sentirà quella che non verrà eliminata.

Le misure possono e devono essere effettuate anche per determinare l'emissione vibrante di un particolare macchinario. Questa emissione è l'impronta digitale della macchina. Eseguire queste misure in modo uniforme aiuta a confrontare i macchinari e gli utensili uno con l'altro. Tuttavia raramente in condizioni reali di funzionamento, potranno dare gli stessi risultati: veicoli pesanti possono guidare su strade accidentate, molte superfici reali sono grezze e possono portare all'eccitazione di frequenze dove l'utensile/macchinario/struttura entra in risonanza, strumenti che sono usurati, ecc. Ecco perché le misure in condizioni reali sono indispensabili. Lo stesso si può dire per la determinazione della capacità di attenuazione dei sedili, che varia molto con la frequenza ed il livello di eccitazione e dipende dal peso e dalla postura del guidatore.

Questa misura dell'emissione può essere usata per avere un'idea ed una sensazione approssimativa dell'esposizione alla vibrazione presunta. Solo però l'esposizione reale deve essere determinata misurando la vibrazione del corpo umano in quel particolare luogo di lavoro ed è di grande importanza monitorare accuratamente il tempo reale di esposizione.

1.3 Che cos'è il 4447?

L'analizzatore di vibrazione del corpo umano 4447 è uno analizzatore piccolo e leggero, molto facile da operare, progettato principalmente per applicazioni di Salute e Sicurezza sul luogo di lavoro. Versatile e robusto viene portato con se' dal lavoratore per poter valutare l'esposizione individuale alle vibrazioni.

Lo strumento è indirizzato alla Direttiva EU 2002/44/EC e si conforma ai requisiti tecnici della ISO 8041:2005, Risposta del corpo umano alle vibrazioni – Strumentazione di misura, e può operare in accordo alle seguenti normative relative alle vibrazioni del corpo umano:

- ISO 5349–1 Vibrazione meccanica – Misura e valutazione dell'esposizione individuale alla vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio – Parte 1: Requisiti generali
- ISO 5349–2 Vibrazione meccanica – Misura e valutazione dell'esposizione individuale alla vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio – Parte 2: Guida pratica per la misura sul luogo di lavoro
- ISO 2631–1 Vibrazione e shock meccanico – Valutazione dell'esposizione individuale alla vibrazione trasmessa al corpo intero – Parte 1: Requisiti generali
- EN 14253 Vibrazione meccanica – Misura e calcolo dell'esposizione occupazionale alla vibrazione del corpo umano con riferimento alla salute – Guida pratica

Allo scopo di adempiere alle necessità di una specifica misura, il 4447 può essere ordinato con quattro configurazioni (si veda il Capitolo 7, Informazioni per l'ordine, per le specifiche sulle parti dello strumento e le configurazioni). L'elenco completo è descritto nella Fig. 1.1.

Fig. 1.1
*Elenco delle parti del 4447**



1) Analizzatore di vibrazione del corpo umano con cinturino da polso.
2) Accessori di montaggio.
3) Accelerometro triassiale DeltaTron® miniaturizzato tipo 4524-B-001 con cavo connettore LEMO da 4-pin.
4) Software Vibration Explorer per 4447, BZ-5623.
5) Cavo interfaccia da USB standard A a USB mini-B.
6) Carica batteria.
7) Cuscino accelerometrico tipo 4515-B-002 con incluso accelerometro tipo 4524-B e cinturino per accelerometro.
8) Eccitatore di calibrazione 4294 con aggancio.*

Il display colori mostra in dettaglio la configurazione dello strumento ed i parametri di vibrazione che risultano durante dopo la misura. Con una console composta da quattro pulsanti ed un display a colori, lo strumento può essere utilizzato con un minimo di conoscenza (si veda la Fig. 1.2). I due pulsanti laterali al display sono usati per selezionare (evidenziare) o modificare le voci (valori), confermare le selezioni e annullare le modifiche e ritornare al menu precedente (si veda la tabella 3.1).

* La borsa da trasporto, KE-0455 è inclusa negli accessori, ma non è nella figura.

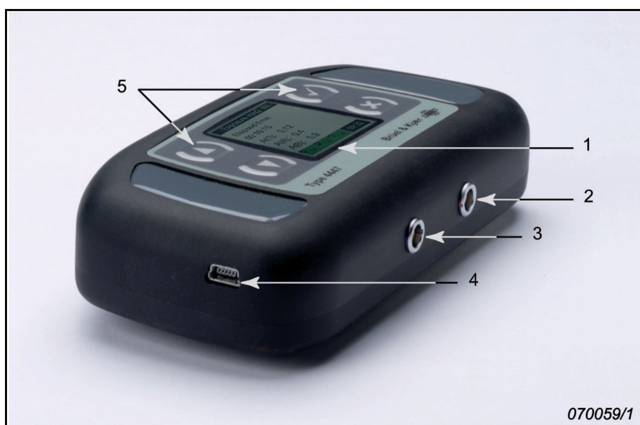


Fig. 1.2
Analizzatore di vibrazione del corpo umano 4447:
1) Display
2) Ingresso asse singolo
3) Ingresso triassiale
4) Porta USB Mini-B
5) Console a quattro pulsanti

Lo strumento ha due ingressi analogici ed un ingresso/uscita digitale. Le prese d'ingresso analogico hanno rispettivamente un ingresso triassiale e uno a asse singolo (si veda la Fig. 1.2).

I due ingressi analogici si trovano alla base dello strumento e usano prese LEMO diverse, selezionate per fornire semplici connessioni affidabili ed evitare errori. Sono usate nel modo seguente:

- L'ingresso triassiale è per la misura simultanea con accelerometro triassiale nelle tre direzioni ortogonali

  L'ingresso a tre canali (che consiste in una presa a quattro pin) è destinato all'accelerometro triassiale DeltaTron®. Le sensibilità raccomandate sono 1.00 mV/(m/s^2) per le misure mano-braccio e 10.0 mV/(m/s^2) per quelle corpo intero, che ricoprono la maggior parte delle applicazioni in sito
- L'ingresso ad asse singolo è usato per le misure in una direzione con un accelerometro ad asse singolo

  L'ingresso ad canale singolo (che consiste in una presa da due pin) è destinato ad un accelerometro assiale singolo. Dotato di questo accelerometro, il 4447 può essere usato come un misuratore di vibrazione a singolo canale, oppure per misure semplificate di vibrazioni elevate mano-braccio su un asse dominante.
- Gli ingressi a asse singolo e triassiale possono essere usati insieme per misure il fattore di Trasmissibilità SEAT, (Seat Effective Amplitude Transmissibility)

Entrambe le prese d'ingresso sono dotate di un alimentatore CCLD per trasduttori DeltaTron. L'alimentazione può essere accesa e spenta.

L'ingresso USP B1 (in basso a sinistra dello strumento, dettagli 4 nella Fig. 1.2) ha due scopi:

- per la ricarica del 4447
- per comunicare con un computer

Un aggancio sul retro dello strumento consente di indossarlo ad una cintura o di fermarlo ad un cinturino da polso.

1.4 Caratteristiche dell'analizzatore di vibrazione del corpo umano tipo 4447

Le caratteristiche principali dello strumento sono:

- Portatile e facile da usare
- Misure triassiali, a singolo asse o 3+1
- Misura simultanea di:
  - valore di accelerazione ponderato mediato nel tempo (*RMS totale*)
  - valore di accelerazione RMS in corso (*RMS corr.*)
  - valore della vibrazione transitoria massima (*MTVV*)
  - valore della vibrazione di picco (*Picco*)
  - valore della dose di vibrazione (*VDV*)
- Misura del fattore SEAT
- Calcolo, durante la misura, del valore totale combinato degli assi (*VTV*), e per il corpo intero, il valore della dose di vibrazione (*VDV e* $VDV(8)_k$)
- Salvataggio, dopo la misura, del calcolo del valore di esposizione giornaliera, normalizzato per 1 ora, 4 ore e 8 ore (*A(1)*, *A(4)* e *A(8)*)
- Una gamma di misura da 1.0 mV a 3.2 V, che corrisponde a 1 m/s^2 a 3200 m/s^2, quando viene usato un accelerometro mano-braccio da 1 $mV/(m/s^2)$ e da 0.1 m/s^2 a 320 m/s^2, quando viene usato un accelerometro corpo intero da 10 $mV/(m/s^2)$
- Per le misure sistema mano-braccio, viene usata la ponderazione in frequenza W_h
- Per le misure corpo intero, viene usata la ponderazione in frequenza W_d per gli assi X e Y, e W_k, per l'asse Z
- Per la vibrazione edilizia, viene usata la ponderazione in frequenza W_m
- Registrazione *RMS*, *MTVV*, *Picco* e *VDV* ad intervalli di 1 s
- Capacità di memoria per:

  750 misure triassiali

  circa 4.7 ore di registrazione triassiale (*RMS*, *MTVV*, *Picco* e *VDV*)
- Dopo il salvataggio delle misure tutti i parametri sono disponibili con l'eccezione di *RMS corr.*
- Trasferimento dei risultati di misura tramite porta USB ad un PC per ulteriori calcoli

1.5 Memoria

Lo strumento ha una memoria interna non-volatile, per la memorizzazione della calibrazione e dei risultati di misura – può memorizzare fino a 750 misure triassiali o circa 4.7 ore di registrazione triassiale. Può anche mantenere simultaneamente in memoria entrambi i tipi di misura, ma il tempo di registrazione ed il numero delle misure sarà ridotto.

1.6 Il software Vibration Explorer

Il software Vibration Explorer, BZ-5623, in dotazione con il 4447, consente il trasferimento dei dati misurati ad un PC per la postelaborazione. Il Vibration Explorer permette di modellare l'esposizione dei lavoratori alla vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio e al corpo intero. Il modello viene creato per determinare il livello di esposizione della situazione in esame, e per simulare scenari diversi. Basandosi su questi scenari, gli analisti potranno gestire i rischi sulla salute dei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio e corpo intero. Sia i dati di misura non elaborati che i calcoli più complessi possono essere esportati per documentazione.

1.6.1 Caratteristiche del software Vibration Explorer BZ-5623

Le caratteristiche principali del software Vibration Explorer BZ-5623 sono:

- Interfaccia semplice da usare
- Trasferimento dei dati di misura e di registrazione dal 4447
- Importazione dei dati da progetti esistenti
- Postelaborazione dei dati di registrazione
- Creazione di modelli flessibili e comprensivi dell'esposizione alla vibrazione mano-braccio e corpo intero
- Codificazione a colori dei risultati del calcolo dell'esposizione
- Uso del sistema di esposizione a punti
- Esportazione dei dati di misura e di registrazione e del modello di esposizione totale a file di testo o a fogli elettronici Excel®
- Template di documentazione Excel® secondo esigenze dell'utente
- Manutenzione dello strumento

Capitolo 2

Misura della vibrazione del corpo umano: teoria

La vibrazione del corpo umano è l'effetto di una vibrazione meccanica sul corpo umano, che può essere sia positivo che negativo.

Infatti, una vibrazione può essere desiderata e percepita come piacevole oppure dare delle reazioni positive su dei processi in corso. Molto spesso, però, è considerata sgradevole, irritante, può causare stress, indurre al panico e portare a reazioni fisiche come sudore, nausea e vomito. Mentre queste esperienze sono estremamente spiacevoli e possono condizionare la vita e lo stato mentale di un individuo, sono tuttavia momentanee ed una volta terminata l'esposizione, gli effetti spariscono con il tempo.

Sfortunatamente invece, gli effetti fisici di vibrazioni nocive trasmesse al corpo umano possono anche essere di tipo permanente. Il rischio di lesioni permanenti è oltremodo elevato per quelle vibrazioni del corpo umano che sono trasmesse in un contesto lavorativo, dove la grandezza della vibrazione può essere sostanziale, per lunghi periodi di esposizione e può avvenire regolarmente o quotidianamente. I gruppi di persone più a rischio, sono i conducenti di veicoli pesanti, come i camionisti, gli operatori di macchine agricole, di macchine per movimenti terra nell'edilizia e forestali, i piloti di certi elicotteri ed i manovratori di certi utensili e attrezzi da lavoro che richiedono la necessità di essere impugnati. Nello svolgere il proprio lavoro, il corpo intero o parte di esso, specie nel sistema mano-braccio, verrà esposto a delle vibrazioni eccessive.

Purtroppo, la relazione tra l'esposizione alla vibrazione ed i danni alla salute non è spesso così ovvia. Le lesioni possono svilupparsi in un lungo periodo di tempo ed altra attività, come il sollevare dei pesi, potrebbe essere la ragione dell'infortunio (per esempio, un dolore lombare). Un lavoratore può sentire intorpidimento o fatica dopo una giornata lavorativa dove è stato esposto a vibrazioni intensive, ma inizialmente questi effetti saranno solo temporanei. Tuttavia una volta diventati permanenti (come dita fredde, dolori lombari ecc.) sarà spesso troppo tardi, poiché queste lesioni saranno irreversibili.

Per questo motivo è imperativo che l'esposizione ad eccessiva vibrazione debba essere prevenuta. In Europa, la Direttiva 2002/44/EC è stata introdotta per sancire norme minime per il controllo dei rischi di esposizione alla vibrazione mano-braccio e corpo intero. La direttiva stabilisce i valori di azione, sopra i quali si richiede ai datori di lavoro di controllare i rischi di vibrazione, ed i valori limite, sopra i quali i lavoratori non devono essere esposti.

Questi valori, per le vibrazioni mano-braccio, sono:

- Un valore di azione dell'esposizione giornaliera di 2.5 m/s^2
- Un valore limite di esposizione giornaliera di 5 m/s^2

Questi valori, per le vibrazioni corpo intero, sono:

- Un valore di azione dell'esposizione giornaliera di 0.5 m/s^2 (o, a scelta dello stato membro EU, un valore di dose di vibrazione di 9.1 $m/s^{1.75}$)
- Un valore limite di esposizione giornaliera di 1.15 m/s^2 (o, a scelta dello stato membro EU, un valore di dose di vibrazione di 21 $m/s^{1.75}$)

I datori di lavoro sono obbligati a determinare e valutare il rischio e assicurarsi che i valori di esposizione non vengano superati. Se l'analisi indica che un lavoratore è a rischio, il datore di lavoro deve intervenire con un programma di gestione per mantenere al minimo l'esposizione alla vibrazione e prevenire lo sviluppo e la progressione di danni fisici permanente.

In un primo stadio, l'analisi si può basare sui valori di emissione, vale a dire i dati di grandezza della vibrazione che vengono emessi quando si opera o si lavora con un determinato attrezzo, veicolo o macchinario. Oggigiorno questi dati sono forniti dal costruttore, ma si possono anche trovare in un database controllato da organizzazioni ed istituti indipendenti, anche se, i datori di lavoro devono informarsi che questi dati siano stati determinati seguendo codici normalizzati. I dati di emissione determinati in accordo a queste norme servono principalmente per confrontare prodotti simili, anche se in pratica, i valori di emissione in condizioni reali condizioni reali sono senz'altro più elevati.

La ragione di questo è dimostrata guidando veicoli su strade sconnesse o manovrando macchinari mobili su superfici in pendenza, e con altri fattori reali del normale uso giornaliero. Per questo si raccomanda che le misure siano effettuate sul luogo, per verificare e convalidare che quel particolare attrezzo o macchina usato in quel contesto e luogo non porti a grandezze di vibrazione maggiori di quelle specificate dal fabbricante.

Rilevati da un database o ottenuti misurando le vibrazioni sul luogo, i valori devono essere sommati ad un'analisi dettagliata dei tempi di esposizione, in quel posto di lavoro specifico, non solo per trovare l'esposizione giornaliera reale alla vibrazione, ma anche dati sufficientemente precisi per studiarne una riduzione ed il rischio.

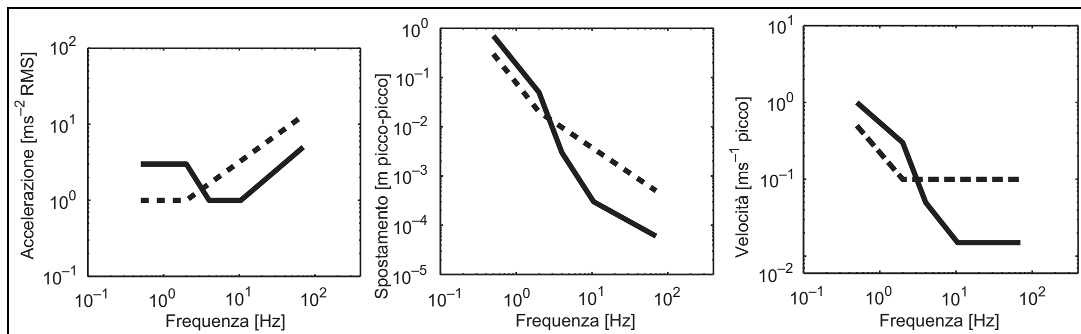
2.1 Parametri misurati nel valutare l'esposizione del corpo umano alle vibrazioni

Per determinare l'esposizione individuale alle vibrazioni, occorre raccogliere informazioni precise riguardo la grandezza e la durata della vibrazione nei vari processi lavorativi, vale a dire, per quanto tempo e quanto spesso la persona è esposta a vibrazioni di un certo tipo che hanno una certa grandezza.

2.1.1 Grandezza della vibrazione

La grandezza (o magnitudine) della vibrazione può essere espressa in termini di accelerazione, velocità o spostamento osservata per un processo di vibrazione. Il corpo umano risponde fisicamente a tutti e tre i parametri, a seconda della frequenza del movimento, si veda la Fig. 2.1.

Fig. 2.1 *La risposta alla vibrazione può essere espressa in termini di accelerazione (sinistra), spostamento (centro) e velocità (destra)*



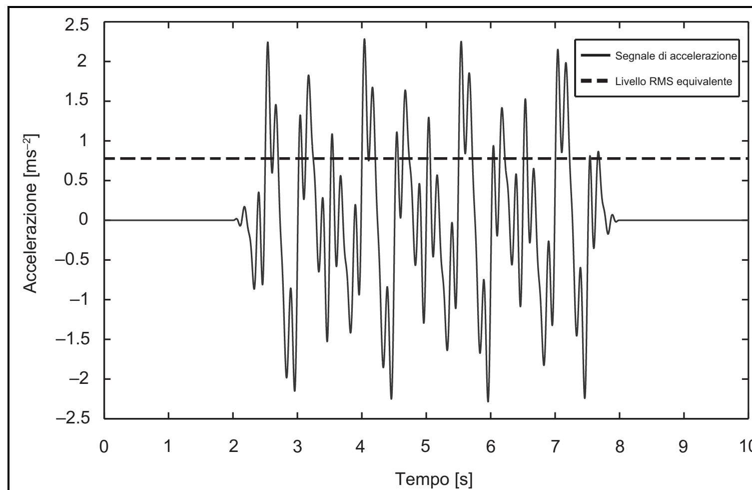
Tuttavia, molte normative relative alle misure di vibrazione del corpo umano richiedono che il parametro da usare per esprimere la grandezza sia l'accelerazione. È soprattutto una questione di convenienza: il sensore classico della vibrazione è l'accelerometro, che fornisce il segnale proporzionale all'accelerazione.

In genere, i segnali dell'accelerometro sono filtrati e ponderati in frequenza prima che siano ulteriormente elaborati. Il filtraggio viene applicato perché l'analisi dovrebbe comprendere solo quelle frequenze ritenute importanti per la vibrazione mano-braccio e corpo intero. Inoltre, le frequenze incluse sono ponderate differentemente. La ponderazione riflette la probabilità di danno causato dalle vibrazioni a frequenze diverse, perciò, a seconda di dove (pedana, sedile, schienale, palmi) e in quale direzione (davanti e dietro contro laterale) viene eseguita la misura, si possono usare ponderazioni in frequenza diverse. La ragione è che il sistema dinamico 'umano' reagisce diversamente sul dove e in quale direzione le vibrazioni 'entrano' nel corpo. Per esempio, il movimento anteriore e posteriore di una persona seduta è molto diverso dal suo movimento laterale.

Lo scopo dell'analisi successiva è quantificare in modo appropriato l'accelerazione. Di norma, il cosiddetto valore di accelerazione ponderato e mediato nel tempo, una radice quadratica media ponderata in frequenza (RMS) di un segnale di vibrazione, viene determinato e

documentato per quantificare la vibrazione a cui un lavoratore sarebbe esposto. Nel contesto della vibrazione del corpo umano, è una misura della quantità media di energia vibrante che 'entrerebbe' nel corpo umano, si veda la Fig. 2.2.

Fig. 2.2
Un segnale di vibrazione ed il suo equivalente livello RMS



La grandezza della vibrazione RMS è una buona rappresentazione di quei processi lavorativi dove le vibrazioni sono continue o intermittenti invece che in forma di urto. Attrezzi come trapani, seghe elettriche o mazzaranghe rientrano in questa categoria. Anche avvitatrici ad impatto possono essere descritte con una grandezza della vibrazione RMS, anche se ogni singolo ciclo di funzionamento (stringimento di un dado singolo o una serie di stringimenti) può durare solo pochi secondi. Le vibrazioni del corpo umano, come il guidare un autobus o un camion su una strada ben asfaltata, o sedere su un treno o su altro mezzo di trasporto su rotaia, sono anch'essi espressi con un valore RMS.

Piuttosto, la dovuta attenzione deve essere presa quando si esaminano shock e processi lavorativi con episodi transitori (come cambiamenti improvvisi nell'accelerazione), in particolare quando si affrontano vibrazioni trasmesse al corpo intero. Ad esempio, veicoli guidati su una strada dissestata, o macchine per movimenti terra o per la confezione e trasporto del calcestruzzo, possono facilmente causare vibrazioni a urto. Per questi eventi, la media temporale, molto più lunga della durata dell'evento (p.e., la misura RMS sull'intero periodo di lavoro) non catturerà l'essenza del problema. L'intensità (grandezza) di un singolo urto, di alcuni shock o di cambiamenti improvvisi dell'accelerazione possono essere fuori dalla portata di sopportazione del corpo umano, ma se sono mediati su un lungo periodo di tempo, perdono di significato. Perciò si deve guardare all'energia totale dell'evento nell'evento e ai valori massimi di vibrazione raggiunti durante l'operazione.

I migliori interpreti per tali scenari sono il valore di dose della vibrazione (VDV), che è una misura cumulativa (cioè la somma dell'energia, al posto del calcolo della media), e il valore di vibrazione transitorio massimo (MTVV), che è il massimo del cosiddetto valore di accelerazione RMS corrente, una grandezza di vibrazione RMS con un tempo d'integrazione di un secondo.

Poiché il valore MTVV si basa su un intervallo d'integrazione breve, indicherà la grandezza della vibrazione più alta al quale il lavoratore sarebbe esposto. Questo parametro è utile specialmente quando registrato con un intervallo breve (1 s), perché il profilo di registrazione da' una visione totale, sia che indichi spesso una grandezza di vibrazione consistente, oppure che sia costante.

VDV è il valore appropriato per riflettere l'esposizione totale; accumula l'energia della vibrazione a cui il lavoratore sarebbe esposto, in tal modo da pesare di più i picchi e/o i cambi improvvisi di accelerazione.

La ISO 2631–1:1997 (sezione 6.3.3) – Vibrazione meccanica e shock – Valutazione dell'esposizione del corpo umano alla vibrazione trasmessa al corpo intero, fornisce le guide linea per sapere quale sia il valore (RMS, MTVV o VDV) che caratterizza meglio una particolare cronologia della vibrazione. (Ulteriori informazioni sono date nella sezione 2.3: Valutazione dell'esposizione giornaliera alla vibrazione – corpo intero).

2.1.2 Durata

Come è essenziale determinare correttamente la grandezza della vibrazione. per una valutazione corretta dell'esposizione del corpo umano alla vibrazione, è cruciale determinare in modo preciso la durata dell'esposizione alla vibrazione. La stima della durata si deve basare su un'osservazione dettagliata del processo di lavoro. L'uso di un cronometro o una registrazione video aiuteranno questa operazione, ed inoltre si dovrebbero interpellare quei lavoratori coinvolti nel processo di lavoro.

Nel determinare la durata dell'esposizione è importante ricordarsi l'approccio usato nel misurare la grandezza della vibrazione. Alcune operazioni possono essere consistenti su un periodo di una o molte ore, come operare su una mazzaranga o guidare un camion. Altre operazioni sono intermittenti o cambiano di caratteristica dopo brevi periodi, come usare una sega elettrica, o operare forche elevatrici, ecc. Infine, per alcuni attrezzi, il ciclo di funzionamento può durare solo pochi secondi, (avvitatrici a impatto). In generale, si può seguire uno dei due approcci:

- Misurare la persona solo mentre è esposta alle vibrazioni. Ogni singola misura darebbe poi una quantificazione rappresentativa della grandezza della vibrazione osservata con una particolare macchina o veicolo operante in un certo modo (esempi: una sega elettrica funzionante a vuoto, pulizia degli ingranaggi, taglio di piccoli rami e tronchi o taglio di grossi tronchi; un camion guidato su una strada ben asfaltata, attraverso la città con traffico (fermata e avvio), su dossi o su superfici sconnesse in un cantiere). In questi casi, la durata da inserire nell'analisi finale dovrebbe comprendere solo questi periodi dove il lavoratore è realmente esposto alle vibrazioni trasmesse dalla macchina, dall'attrezzo o dal veicolo.
- Eseguire una misura singola includendo i diversi modi di funzionamento e le pause, i 'turni' all'attrezzo o alla macchina. Tali misure darebbero una media rappresentativa di un'intera giornata lavorativa o di un processo di lavoro complesso. La durata da inserire nell'analisi dell'esposizione è quindi il tempo totale usato per questo processo lavorativo, che include i tempi reali di esposizione alla vibrazione e le pause

Entrambi gli approcci hanno vantaggi e svantaggi. Nel primo, determinare l'esatta durata di esposizione richiede uno studio dettagliato dei processi lavorativi. I lavoratori dovrebbero essere ascoltati per raccogliere le informazioni riguardanti i diversi lavori durante una giornata

lavorativa tipica. Tuttavia, richiede anche di identificare e verificare la durata dell'esposizione con una diretta osservazione, perché spesso viene sovraestimata; si tende a dichiarare il tempo passato in un veicolo o impugnando un attrezzo, piuttosto che quello reale in cui la macchina o il veicolo emettono delle vibrazioni.

Al contrario, determinare la durata di una misura seguendo le regole del secondo approccio è molto più semplice. Tuttavia, il risultato non garantisce informazioni dettagliate di quanto il grado di un particolare lavoro, macchina, superficie stradale, ecc., è responsabile dell'esposizione alla vibrazione. Troppe informazioni vengono comprese nella media, rendendo impossibile trovare e calcolare laddove si possa migliorare in termini di riduzione del rischio. Inoltre, eventi come l'appoggiare un attrezzo o l'alzarsi da un sedile aggiungono grandezze di vibrazione significative, anche se sono eventi che nulla hanno a che fare con l'esposizione nociva alle vibrazioni del corpo umano.

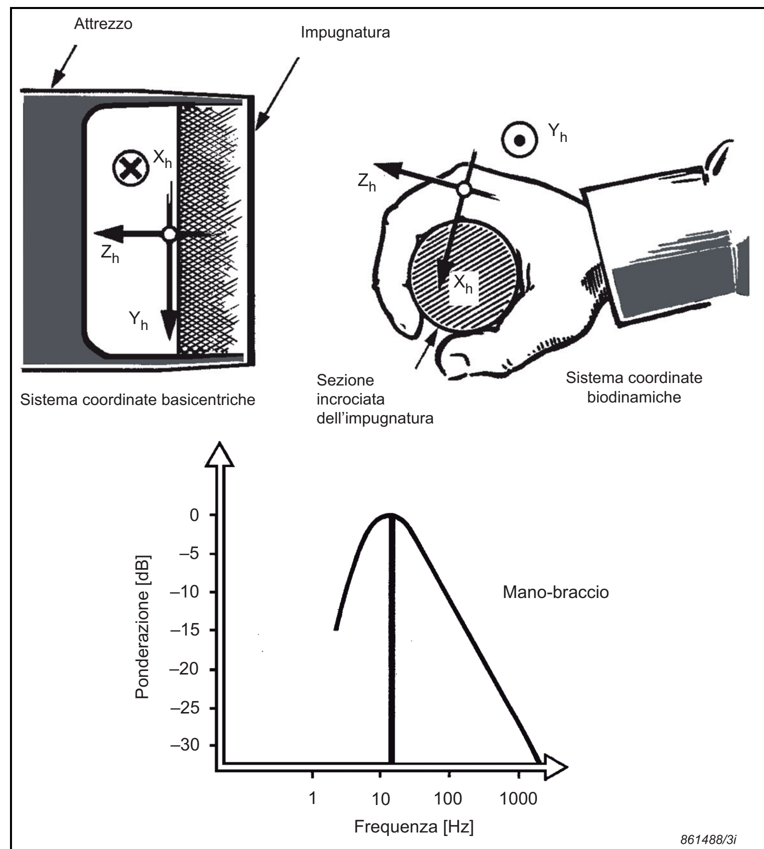
2.2 Valutazione dell'esposizione giornaliera alla vibrazione: vibrazioni mano-braccio

Prima di eseguire misure di vibrazione mano-braccio, si raccomanda di riferirsi alla ISO 5349–2:2001. Alcune informazioni sono descritte anche nella ISO 20643:2005 – Vibrazione meccanica, Macchinario impugnato e azionato a mano – Principi per la valutazione delle emissioni vibranti. Informazioni ulteriori specifiche si trovano anche nella serie ISO 8662 (da sostituire con serie ISO 28927) e nella serie EN 60745.

Nonostante l'approccio usato, quando si eseguono misure mano-braccio, il tempo di misura totale dovrebbe essere almeno di un minuto. Inoltre almeno tre misure devono essere completate per ogni operazione. Si dovrebbero evitare blocchi di misura inferiori agli 8 s, poiché non catturerebbero il contenuto alla basse frequenze.

Le misure delle vibrazioni mano-braccio devono essere eseguite nel punto di contatto tra la mano e l'impugnatura, si veda la Fig. 2.3. Perciò, la strumentazione di misura deve essere leggera in confronto alla massa dell'impugnatura o parte mobile. Inoltre si deve essere certi che il trasduttore sia montato il più rigidamente possibile. Se il montaggio è troppo pesante o troppo elastico, la massa locale e gli effetti elastico falsificheranno i dati di misura.

Fig. 2.3
Posizione di misura e orientamento degli assi per le misure mano-braccio



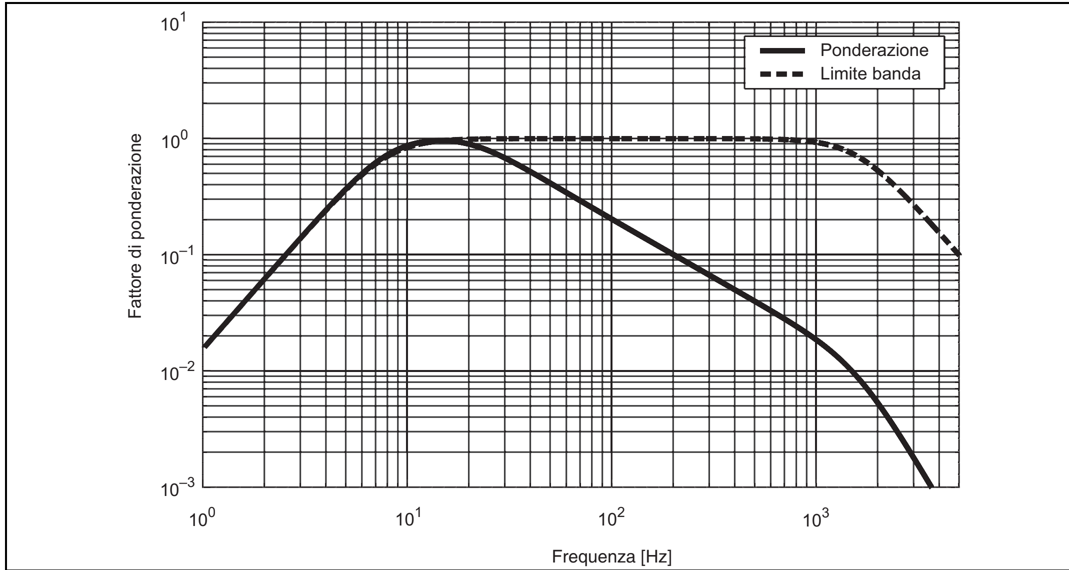
Nota: mentre la posizione di montaggio, durante il funzionamento normale, dovrebbe essere il più vicino possibile alla superficie di contatto (se non sopra direttamente), nessuna parte del sistema di montaggio e dei cavi deve interferire con la sicurezza della macchina o attrezzo. Per esempio, il trasduttore non deve bloccare i pulsanti di spegnimento o essere posizionato in modo che i cavi siano troppo vicini a parti rotanti.

La ISO 5349–1:2001 raccomanda di determinare l'accelerazione RMS ponderata in frequenza in tre direzioni: in asse con il braccio e in due direzioni nel piano tra la mano e l'impugnatura. La soluzione migliore è quella di usare un accelerometro miniaturizzato triassiale, che rileva la vibrazione in tutte e tre le direzioni allo stesso punto e aggiunge solo pochi grammi di massa.

Nota: quando s parla di valori quadratici medi dell'accelerazione nella vibrazione del corpo umano, le normative ISO usano una '*a*' minuscola. In questo capitolo si seguirà lo stile di annotazione ISO, anche se l'accelerazione in radice quadratica media del 4447 viene indicata come '*RMS*' (si veda il capitolo 3 ed il capitolo 4).

La gamma di frequenza compresa nell'analisi è 8–1000 Hz. La ponderazione in frequenza W_h (si veda la Fig. 2.4) viene usata per tutti e tre gli assi, anche se l'anatomia e perciò la sensibilità del sistema mano-braccio differisce lungo il braccio e nella direzione trasversale.

Fig. 2.4 *Grandezza della ponderazione in frequenza* W_h *per vibrazione mano-braccio, tutte le direzioni, (basata rispettivamente sulla ISO 5349 – 1 o ISO 8041)*



Le tre componenti dell'accelerazione ponderata in frequenza sono indicate come a_{hwx}, a_{hwy} e a_{hwz}. Queste sono poi combinate con il cosiddetto valore di vibrazione totale, a_{hv}, la radice della somma delle componenti al quadrato:

$$a_{hv} = \sqrt{(k_x a_{hwx})^2 + (k_y a_{hwy})^2 + (k_z a_{hwz})^2} \qquad \text{Eq 2.1}$$

Nota: in contrasto con le vibrazione corpo intero, quando si calcola la radice della somma delle componenti al quadrato delle vibrazioni mano-braccio, tutti gli assi sono, in teoria moltiplicati con lo stesso fattore, k=1.0. Di norma, per semplificare le equazioni, i fattori sono abbandonati.

L'esposizione giornaliera alla vibrazione $A(8)$ viene calcolata da questo valore totale di vibrazione:

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T_{\exp}}{T_0}} \qquad \text{Eq 2.2}$$

Dove T_0 è la durata di riferimento di 8 ore e $T_{\exp}$ è un valore stimato del tempo in cui l'operatore viene esposto alla vibrazione o la durata dell'intera operazione incluso le pause (si veda la sezione 2.1). Se l'individuo viene esposto a più di una sorgente di vibrazione, si deve calcolare un'esposizione parziale alla vibrazione $A_i(8)$ per ogni operazione 'i':

$$A_i(8) = a_{hv,\,i}\sqrt{\frac{T_{\exp,i}}{T_0}} \qquad \text{Eq 2.3}$$

I valori parziali di esposizione alla vibrazione sono combinati per ottenere un valore totale di esposizione giornaliera $A(8)$, per quell'individuo:

$$A(8) = \sqrt{A_1^2(8) + A_2^2(8) + \ldots + A_n^2(8)} \qquad \text{Eq 2.4}$$

Usando il 4447 per determinare l'esposizione alla vibrazione alla postazione di lavoro, occorre eseguire tutte le misure necessarie. La flessibilità del 4447 consente di utilizzare i metodi che meglio si adattano alle condizioni lavorative che necessitano di valutazione. Una volta acquisiti i dati, occorre inserirli nel software Vibration Explorer, combinarli tra loro, applicare un tempo di esposizione per ogni operazione e il software calcolerà l'esposizione totale giornaliera. Se l'esposizione supera i limiti di condizione lavorativa accettabili, con il software Vibration Explorer si potranno creare scenari diversi che porteranno ad un'esposizione ridotta. Si potranno esportare i dati e creare dei report.

Il 4447 può essere usato anche per determinare l'emissione della vibrazione di una particolare macchina in modo che possa essere indicata nella scheda dei tecnici. In questo caso, occorre eseguire la misura seguendo la particolare normativa. Spesso questa richiede di eseguire le misure diverse volte e poi di elaborarle in una media. Il software Vibration Explorer è dotato di questa funzione.

2.3 Valutazione dell'esposizione giornaliera alla vibrazione: vibrazioni corpo intero

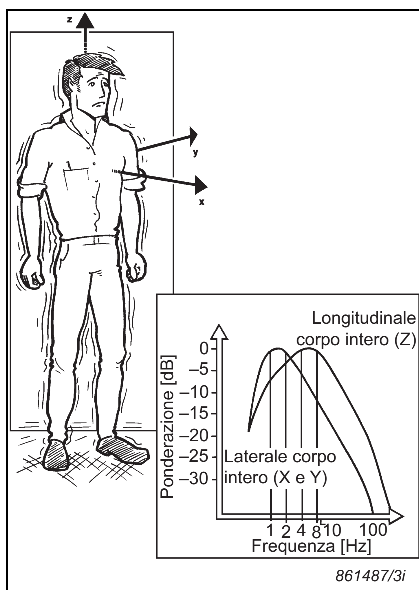
L'esposizione alla vibrazione trasmessa al corpo intero deve essere valutata usando il metodo definito dalla normativa ISO 2631–1:1997. La vibrazione corpo intero è applicabile ai movimenti trasmessi dai macchinari e veicoli da lavoro al corpo umano attraverso le superfici di supporto. Per la valutazione della salute e sicurezza, questa trasmissione avviene attraverso le natiche e i piedi di una persona seduta o i piedi di una persona eretta.

Eseguendo le misure di vibrazione corpo intero, è preferibile misurare l'intero tempo di esposizione. Se questo non è possibile o necessario le misure dovrebbero essere effettuate per periodi di almeno 20 minuti. Dove è necessario eseguire misure brevi, queste non possono essere inferiori ai tre minuti e devono essere ripetute per almeno un tempo totale di misura di 20 minuti. Si preferiscono però misure superiori alle 2 ore (misure di una giornata o mezza giornata lavorativa talvolta sono possibili)

Nella valutazione delle vibrazioni corpo intero, l'accelerazione deve essere rilevata alla superficie del sedile (per una persona seduta) o sotto i piedi (per una persa eretta). L'accelerometro viene posizionato in un cuscino che viene preferibilmente fissato al pavimento o al sedile usando un nastro adesivo o uno strap, perché rimanga nella posizione desiderata e sia capace di sopportare ogni cambiamento di posizione del guidatore o dell'operatore della macchina. Tuttavia, per ottenere risultati corretti, il cuscino accelerometrico deve essere caricato durante la misura dall'operatore che deve stare in piedi o sedersi sul cuscino.

La grandezza della vibrazione RMS, il valore di picco, MTVV e VDV dell'accelerazione ponderata in frequenza devono essere misurati simultaneamente in tutte e tre le direzioni, dove la direzione Z è sempre quella lungo l'asse principale del corpo (vale a dire, per misure ai piedi e al sedile è sempre verticale al sedile ed al piano del pavimento), la direzione X è quella allineata con il movimento avanti-indietro e la direzione Y con il movimento laterale.

Fig. 2.5
Orientamenti degli assi X, Y e Z durante l'esecuzione di misure di vibrazione corpo intero



Al contrario della valutazione della vibrazione mano-braccio, le ponderazioni in frequenza sono diverse a seconda delle assi X, e Z. Nel contesto della valutazione del rischio per la salute, nel misurare la vibrazione corpo intero ai piedi e al sedile, la ISO 2631–1:1997 richiede di utilizzare W_k nella direzione Z, dove W_d è usato per l'accelerazione nelle direzioni X e Y, si veda la Fig. 2.6 e la Fig. 2.7.

Fig. 2.6 *Grandezza della ponderazione in frequenza* W_k *per la vibrazione corpo intero verticale, asse Z, persona seduta, eretta o coricata (basata sulle ISO 8041 e ISO 2631—1)*

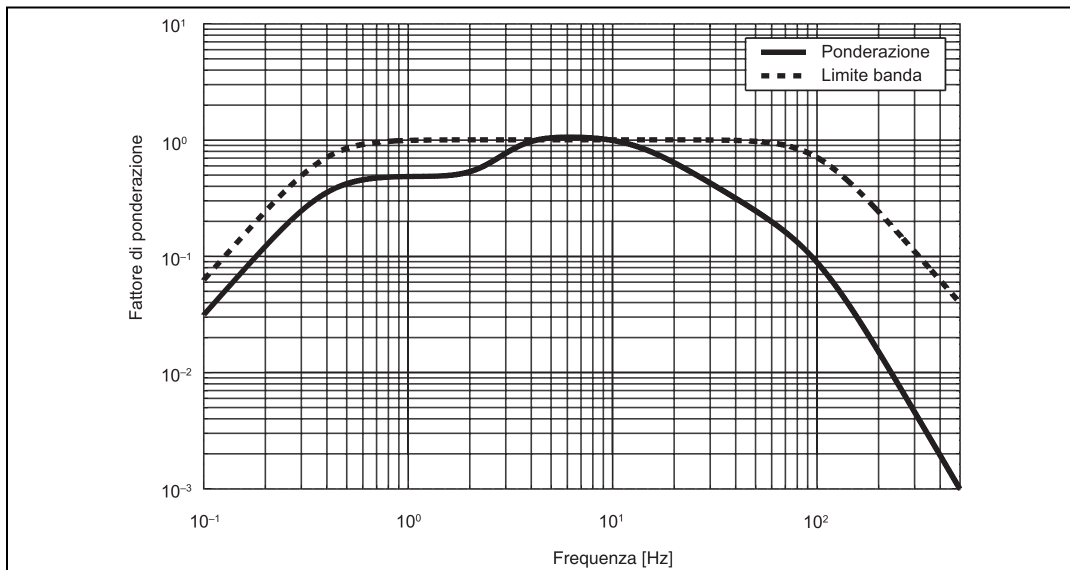
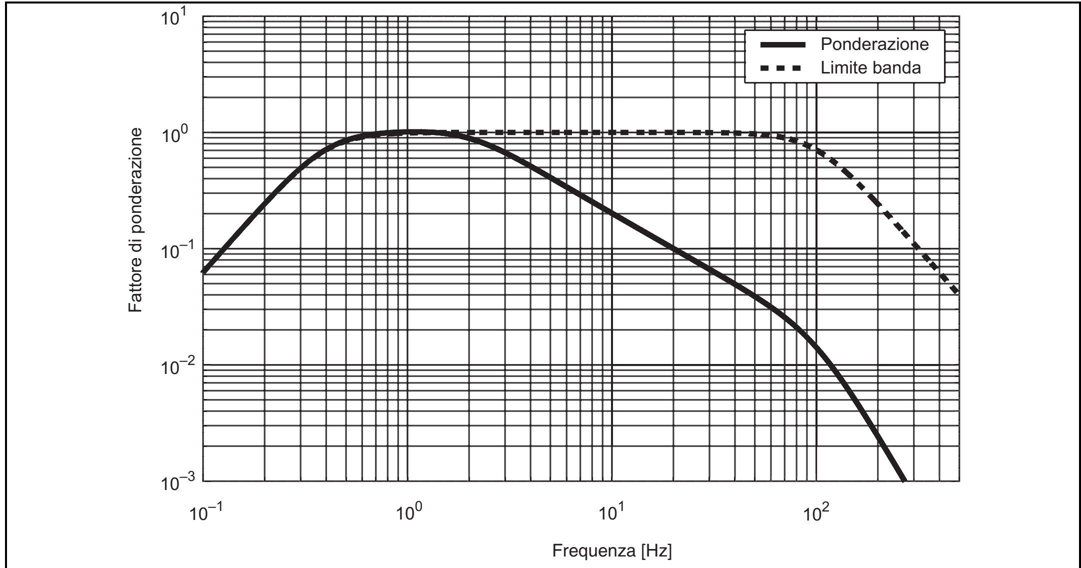


Fig. 2.7 *Grandezza della ponderazione in frequenza* W_d *per la vibrazione corpo intero orizzontale, assi X o Y, persona seduta, eretta o coricata (basata sulle ISO 8041 e ISO 2631–1)*



Basata su segnali di accelerazione ponderati in frequenza, l'esposizione giornaliera alla vibrazione viene determinata calcolando l'esposizione per ognuno dei tre assi separatamente e poi selezionando il valore più alto dei tre. Questo necessita di fattore aggiuntivo, k_i, che deve essere applicato ai valori di vibrazione misurati. Per le direzioni X e Y il fattore è 1.4. Per la direzione Z, il fattore è 1.0:

$$A_x(8) = a_{wx} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_y(8) = a_{wy} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \qquad \text{Eq 2.5}$$

$$A_z(8) = a_{wz} \cdot 1.0 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

Il valore massimo dei tre sarà quindi l'esposizione giornaliera alla vibrazione:

$$A(8) = \max\{A_x(8), A_y(8), A_z(8)\} \qquad \text{Eq 2.6}$$

Nota 1: questa procedura è alquanto diversa da quella usata per determinare l'esposizione alla vibrazione mano-braccio, dove i tre assi erano combinati in un singolo valore totale di vibrazione. Tuttavia, in accordo alla ISO 2631–1:1997, Sezione 6.5, se non ci sono assi dominanti di vibrazione, si potrebbe usare il valore totale che sarà calcolato con la seguente equazione:

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2} \qquad \text{Eq 2.7}$$

Nota 2: notare i fattori *k* nella radice quadrata della somma dei quadrati.

Note 3: in alcuni paesi, i valori limite di esposizione sono dati per i diversi assi e perciò può accadere che, per paradosso, l'asse con il valore di esposizione più alto non sia quello critico, mentre un'altro asse con un valore più basso, possa superare il limite previsto per quell'asse. Il report, basato sull'asse con il valore più alto, non indicherebbe il rischio, anche se il limite era stato violato per un altro asse.

Se un lavoratore viene esposto a più di una sorgente di vibrazione, si deve prima calcolare l'esposizione parziale $A_{j,i}(8)$, per ogni asse '*j*' ed operazione '*i*':

$$A_{x,i}(8) = a_{wx,i} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_{y,i}(8) = a_{wy,i} \cdot 1.4 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \qquad \text{Eq 2.8}$$

$$A_{z,i}(8) = a_{wz,i} \cdot 1.0 \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

Le esposizioni parziali alla vibrazione vengono poi sommate separatamente per ciascuna delle tre assi, trovando l'esposizione totale giornaliera come il valore massimo di queste tre somme:

$$\left.\begin{aligned} A_x(8) &= \sqrt{A_{x,1}^2(8) + A_{x,2}^2(8) + \ldots + A_{x,n}^2(8)} \\ A_y(8) &= \sqrt{A_{y,1}^2(8) + A_{y,2}^2(8) + \ldots + A_{y,n}^2(8)} \\ A_z(8) &= \sqrt{A_{z,1}^2(8) + A_{z,2}^2(8) + \ldots + A_{z,n}^2(8)} \end{aligned}\right\} A(8) = \max\{A_x(8), A_y(8), A_z(8)\} \qquad \text{Eq 2.9}$$

La dose di vibrazione totale giornaliera, $A(8)$, si applica bene se la cronologia della vibrazione è piuttosto omogenea, senza urti o altri cambiamenti improvvisi, o picchi nell'accelerazione. Se però, guidando un veicolo su una superficie accidentata, come quelle che si trovano nei cantieri edili o cave, accadono eventi improvvisi, una valutazione basata su valori RMS potrebbe non essere la più appropriata.

Il quarto valore di dose della vibrazione di potenza (*VDV*) è stato pensato per considerare questi eventi transitori. Al contrario della grandezza della vibrazione RMS, il *VDV* è un valore cumulativo che aumenta con il tempo di misura. Occorre perciò, per ogni misura *VDV* conoscere il periodo in cui il valore viene misurato. Inoltre, dovuto alla quarta potenza, i transitori e i picchi vengono valutati di più nell'integrazione.

Se il tempo di misura è più breve del tempo di esposizione stimato, il *VDV* misurato deve essere esteso per il tempo di esposizione reale:

$$VDV_{\exp,x} = VDV_x \cdot 1.4\left(\frac{T_{\exp}}{T_{\text{meas}}}\right)^{1/4}$$

$$VDV_{\exp,y} = VDV_y \cdot 1.4\left(\frac{T_{\exp}}{T_{\text{meas}}}\right)^{1/4} \qquad \text{Eq 2.10}$$

$$VDV_{\exp,z} = VDV_z \cdot 1.0\left(\frac{T_{\exp}}{T_{\text{meas}}}\right)^{1/4}$$

Dove T_{meas} è il periodo di misura e $T_{\exp}$ è il tempo di esposizione stimato. Si notino di nuovo i fattori k (1.4, 1.4 e 1.0). Inoltre, se una persona è esposta a più sorgenti di vibrazione, dovrà essere calcolato un *VDV* totale, considerando i valori parziali di dose per ogni asse:

$$\left.\begin{aligned} VDV_x &= \left(VDV_{x,1}^4 + VDV_{x,2}^4 + \ldots + VDV_{x,n}^4\right)^{1/4} \\ VDV_y &= \left(VDV_{y,1}^4 + VDV_{y,2}^4 + \ldots + VDV_{y,n}^4\right)^{1/4} \\ VDV_z &= \left(VDV_{z,1}^4 + VDV_{z,2}^4 + \ldots + VDV_{z,n}^4\right)^{1/4} \end{aligned}\right\}(giornVDV) \qquad \text{Eq 2.11}$$

$$= \max\{VDV_x, VDV_y, VDV_z\}$$

Il più alto dei tre valori individuali *VDV* da' il *VDV giornaliero*.

Un'altra quantità importante quando si studiano le vibrazioni del corpo umano con i transitori è il valore RMS corrente. Ha un tempo d'integrazione breve di 1 s e perciò è molto adatto per indicare la grandezza degli eventi brevi. Il cosiddetto valore di vibrazione transitorio massimo (MTVV) rappresenta il valore massimo RMS corrente trovato in un periodo di misura.

La ISO 2631–1:1997 fornisce delle linee guida precise, quando si raccomanda di considerare i valori *VDV*, RMS corrente e MTVV, al posto della grandezza della vibrazione, a_w:

- Appendice B.3.2: Se $CF = \frac{Peak}{RMS} > 9$, considerare *VDV* in aggiunta a RMS
- Sezione 6.3:

  Se $\frac{MTVV}{RMS} > 1.5$, considerare MTVV in aggiunta a RMS

  Se $\frac{MTVV}{RMS \cdot T^{1/4}} > 1.75$, considerare *VDV* in aggiunta a RMS

Se viene data una di queste condizioni, ciò indica che la cronologia della vibrazione contiene dei picchi significativi sopra il livello medio generale di vibrazione.

Nota: il rapporto tra il valore Picco e la grandezza RMS, il fattore di cresta (CF), è considerato essere un criterio abbastanza incerto, poiché il picco avrebbe potuto presentarsi in tempi diversi – oscillando tra minuti e ore, prima o dopo eventi di vibrazione che hanno determinato il valore RMS*. In caso di dubbio, gli altri due criteri sono i preferiti.

2.4 Il sistema di esposizione a punti

Il tecnico o professionista che ha a che fare con le misure di vibrazione svilupperà facilmente confidenza con quantità come il valore di esposizione giornaliera alla vibrazione ($A(8)$) e il *VDV*. Tuttavia, per il profano, le esposizioni espresse in unità come m/s^2 e m/s$^{1.75}$ saranno un po' più difficili da comprendere. Se questa persona deve prendere poi decisioni basate su tali quantità, queste decisioni diverranno difficili.

Per facilitare le cose, si è introdotto mezzi di espressione dell'esposizione giornaliera alla vibrazione $A(8)$ molto più semplici ed intuitivi: i punti di esposizione. Per chi deve prendere delle decisioni, esprimere l'esposizione con il sistema a punti ha due vantaggi:

1) Il sistema a punti evita le unità: le grandezze critiche della vibrazione mano-braccio e delle vibrazioni corpo intero sono diverse (il sistema mano-braccio può sopportare grandezze più ampie). In contrasto, il sistema a punti viene definito in modo che in entrambi i casi (mano-braccio e corpo intero), il valore di azione della vibrazione è raggiunto a 100 punti.

2) Una volta che l'esposizione è espressa in punti, non c'è la necessità per regole di potenza complicate: i punti di esposizione sono semplicemente sommati insieme. Se un lavoratore è esposto a diverse sorgenti di vibrazione, il numero totale dei punti di esposizione è la somma dei punti di esposizione per le sorgenti. Questo significa che i punti di esposizione cambiano semplicemente con il tempo – due volte il tempo di esposizione, due volte il numero di punti.

Per le vibrazioni mano-braccio, i punti di esposizione sono calcolati per i tre assi combinati (valore totale di vibrazione, si veda l'equazione 2.1), come segue:

$$P_E = \left(\frac{a_{hv}}{2.5\ \mathrm{m/s^2}}\right)^2 \frac{T_{\exp}}{T_0} 100 \qquad \text{Eq 2.13}$$

Dove a_{hv} è il valore totale della vibrazione (VTV RMS, si veda l'equazione 2.1), $T_{\exp}$ il tempo di esposizione in ore e T_0 la durata di riferimento di 8 ore. Si noti che una grandezza della vibrazione di 2.5 m/s^2 corrisponde al valore di azione per la vibrazione mano-braccio. Come conseguenza, la conversione tra $A(8)$ e P_E sarà tale che le esposizioni uguali al valore di azione (2.5 m/s^2 $A(8)$) daranno 100 punti, e le esposizioni uguali al valore limite (5 m/s^2 $A(8)$) daranno 400 punti.

---

* La valutazione migliore si basa su un profilo di registrazione dettagliato.

La conversione tra $A(8)$ e P_E è possibile anche direttamente:

$$P_E = A(8)^2 \frac{100}{(2.5\ \mathrm{m/s^2})^2} \qquad \text{Eq 2.14}$$

Per le vibrazioni corpo intero, i punti di esposizione sono calcolati separatamente per ciascuno dei tre assi, come segue:

$$P_{E,j} = \left(\frac{k_j a_{wj}}{0.5\ \mathrm{m/s^2}}\right)^2 \frac{T_{\mathrm{exp}}}{T_0} 100 \qquad \text{Eq 2.15}$$

Dove k_j è il fattore di ponderazione rispettivamente per gli assi X, Y o Z, a_{wj} è la grandezza della vibrazione (valore RMS) degli assi X, Y o Z, T_{exp} è il tempo di esposizione in ore e T_0 è la durata di riferimento di 8 ore. Si noti che una grandezza della vibrazione di 0.5 $\mathrm{m/s^2}$ corrisponde al valore d'azione delle vibrazioni corpo intero. Anche nel caso di vibrazioni corpo intero, la conversione tra $A(8)$ e P_E è tale che un valore d'azione dell'esposizione di 0.5 $\mathrm{m/s^2}$ sarà uguale a 100 punti, mentre il valore limite 1.15 $\mathrm{m/s^2}$ sarà uguale a 529.

Per convertire direttamente tra $A(8)$ e P_E:

$$P_E = A(8)^2 \frac{100}{(0.5\ \mathrm{m/s^2})^2} \qquad \text{Eq 2.16}$$

2.5 Misure di trasmissibilità (SEAT)

Al contrario delle misure discusse nella sezione 2.2 e nella sezione 2.3, la determinazione della trasmissibilità SEAT non fornisce direttamente informazioni sull'esposizione del corpo umano alle vibrazioni. Invece lo scopo della misura è quello di determinare la capacità del design di un sedile di attenuare le vibrazioni presenti in un veicolo, vale a dire di proteggere il guidatore da vibrazioni eccessive.

La misura perciò implica la determinazione della grandezza della vibrazione da due posizioni:

1) Sulla seduta.

2) Direttamente sul pavimento del veicolo esattamente sotto il sedile.

La misura in questi due punti viene fatta simultaneamente ed il SEAT viene elaborato come rapporto tra queste due grandezze. Per esprimere il SEAT, si può usare le grandezze della vibrazione RMS ponderate in frequenza (a_w) o il *VDV*. Inoltre, piuttosto che usare solo il rapporto (fattore SEAT), si può moltiplicare il risultato per 100, per esprimere l'ampiezza effettiva della vibrazione del sedile in percentuale.

L'uso di RMS o *VDV* dipende dalle vibrazioni rilevate durante la misura. Se la cronologia della vibrazione è stata abbastanza omogenea, è preferibile usare la grandezza RMS, ma se la vibrazione ha contenuto degli eventi transitori e degli urti, si raccomanda di elaborare il SEAT basato su il *VDV*.

$$SEAT_{RMS} = \frac{a_{w,\ \text{seat}}}{a_{w,\ \text{floor}}}$$

$$SEAT_{VDV} = \frac{VDV_{\text{seat}}}{VDV_{\text{floor}}} \qquad \text{Eq 2.17}$$

$$SEAT\% = SEAT \times 100$$

Infine, un sedile verrà migliorato quando il *SEAT* sarà inferiore a 1 o, espresso in percentuale, quando il *SEAT*% sarà inferiore al 100%. Se il valore supera questi limiti, il sedile in effetti amplifica le vibrazioni e perciò peggiora il comfort.

Nota: nel contesto della valutazione del rischio sulla salute, la ponderazione in frequenza usata per le misure SEAT è la stessa di quella usata per le misure corpo intero; si veda la sezione 2.3.

Nella valutazione dell'abilità del sedile di attenuare le vibrazioni, è importante ricordarsi che il sedile ed il guidatore devono essere considerati come un sistema. il guidatore aggiungerà massa al sedile, che carica le molle e modifica il comportamento della risonanza. Inoltre, a seconda della postura, la combinazione guidatore-sedile porterà ad un sistema più rigido (cioè le vibrazioni agiranno diversamente se il guidatore è seduto in modo rilassato o i piedi fanno pressione sul pavimento).

Perciò, a seconda del corpo e della postura del guidatore, la performance del sedile può essere molto diversa. Come conseguenza, per ottenere maggior dati possibili, occorre effettuare diverse misure con diversi guidatori in posture diverse.

Le normative per le misure SEAT di laboratorio definiscono le esatte masse da usare, le regolazioni specifiche del sedile e la procedura dettagliata, compreso processi come lo scaldamento del sedile ecc. Questa però non è un'applicazione per il 4447. Invece l'attenzione è sulla valutazione dei fattori SEAT in reali condizioni di lavoro, con guidatori veri e nessun riscaldamento. Nondimeno, le normative di valutazione SEAT dovrebbero essere consultate poiché forniscono delle guide utili.

Un ulteriore beneficio delle misure SEAT eseguite con il 4447 è l'abilità di eseguire le procedure in una volta. La misura SEAT e la verifica della vibrazione corpo intero seduto possono essere effettuate con una sola serie di misure, accorciando la durata del lavoro.

Capitolo 3

Introduzione all'uso del 4447

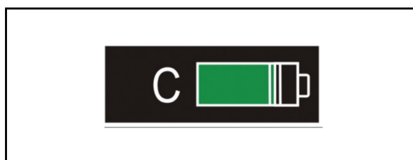
Questo capitolo descrive come caricare il 4447, regolare ed eseguire le misure e trasferire i dati. Altre informazioni riguardano l'interfaccia utente e la calibrazione.

3.1 Batteria

Usando lo strumento per la prima volta, si raccomanda di effettuare un intero ciclo di carica. La carica iniziale dovrebbe durare per almeno 6 ore, ma una carica più lunga non danneggerà la batteria.

La sorgente di energia del 4447 è una batteria integrata, compatta e ricaricabile. Quando il 4447 è acceso, lo stato di carica della batteria viene indicato nell'angolo in alto del display come un'icona con un campo verde, si veda la Fig. 3.1. Per ulteriori dettagli, riferirsi al punto 3 dell'elenco a pagina 41.

Fig. 3.1
Indicatore dello stato della batteria durante la carica



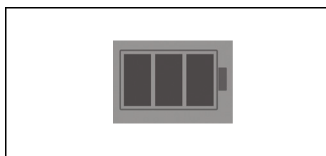
La batteria viene caricata tramite la porta USB e inizia appena lo strumento viene collegato al carica batteria ZG-0459 o a un PC, usando il cavo USB AO-1476.

Il caricamento della batteria con lo ZG-0459 è molto più veloce di quello tramite presa USB del PC e, spegnendo il 4447, si aumenta anche la capacità del ciclo di carica.

Nota 1: non caricare lo strumento durante le misure, poiché si potrebbero influenzare i risultati.

Quando la batteria è carica, l'icona appare sul display dello strumento (si veda la Fig. 3.2). Come sopra indicato, il primo ciclo di carica dovrebbe durare almeno 6 ore, ma una carica più lunga non danneggerà la batteria. Nell'uso regolare dello strumento, il tempo di carica dovrebbe essere di circa 4 ore (per una batteria completamente scarica). Se la batteria non è esaurita del tutto, sarà sufficiente una carica di almeno 3 ore.

Fig. 3.2
Icona per una batteria totalmente carica



Durante il funzionamento, quando la batteria ha circa il 3% di autonomia residua, un'avvertenza *Batt esaurita* appare sul display. Ricevuta questa avvertenza, sarebbe utile salvare le misure immediatamente e ricaricare lo strumento. Tuttavia, per prevenire la perdita di dati, lo strumento li salverà prima dello spegnimento automatico.

3.2 Funzionamento di base

3.2.1 I pulsanti

Lo strumento viene controllato da quattro pulsanti (si veda la Fig. 3.3). Sono posizionati su entrambi i lati del display: due frecce a sinistra e due tasti multifunzione a destra. La funzione di ogni tasto è spiegata nella tabella 3.1.

Fig. 3.3
Pulsanti del 4447



Tabella 3.1 *Pulsanti dello strumento*

Pulsanti	Funzione
✓	Questo è un pulsante multifunzione che consente di: • accendere lo strumento, premendolo e tenendolo premuto per più di 3 s • accettare il parametro selezionato • arrestare la misura (premere e mantenere premuto il tasto per almeno 3 s) • eseguire un azzeramento totale. Se si richiede un azzeramento totale (forse perché lo strumento non risponde), premere e mantenere il tasto premuto per circa 10 s
✕	Questo pulsante ha le seguenti funzioni: • ritorno al menu precedente • pausa della misura • riavvio della misura premendo due volte entro un secondo (il riavvio non è disponibile durante una registrazione)
▲	Questo pulsante viene usato per scorrere attraverso i vari campi in direzione crescente e per modificare i valori del parametro
▼	Questo pulsante viene usato per scorrere attraverso i vari campi in direzione decrescente e per modificare i valori del parametro

Accensione del 4447

Per accendere il 4447, premere e mantenere premuto il tasto ✓ per più di 3 secondi. Lo strumento eseguirà un breve fase di avvio e dopo pochi secondi sarà pronto per l'uso.

Navigazione del 4447

Il 4447 è dotato di un display a matrice di punti che fornisce le informazioni per la regolazione, lo stato della misura, lo stato dei canali d'ingresso, lo stato della batteria dello strumento ed i risultati della misura in corso.

Nella fase di avvio, si accede al menu **Principale**. Usare ▲/▼ per modificare la selezione nel menu, premere ✓ per inserire un sotto-menu o confermare una scelta/regolazione/modifica e premere ✕ per uscire da un sotto-menu o rifiutare le modifiche effettuate.

Alcuni menu del 4447 sono circolari. Se si evidenzia l'ultima voce di un menu sullo schermo e si preme ▼, la selezione passerà alla prima voce. Al contrario, se è la prima voce a essere selezionata, premendo ▲, si passerà all'ultima. In alcuni livelli del menu, ci saranno più voci che potranno essere contenute nello schermo. In questo caso, premendo rispettivamente ▲ o ▼ si aprirà un'altra pagina con le voci avanzate. Alla fine o all'inizio di questa nuova pagina, la pagina originale del menu sarà visualizzata e la voce, prima o ultima, sarà selezionata.

Spegnimento del 4447

Per spegnere il 4447, usando i tasti ▲/▼, selezionare **Spegnimento** dal menu **Principale** e confermare premendo ✓ o premere ✕ per cancellare e ritornare al menu **Principale**.

Quando non misura e viene lasciato senza seguito per più di 15 minuti, il 4447 si spegnerà automaticamente. Nel corso di una misura, l'analizzatore si spegnerà solo all'esaurimento della batteria. In questo caso, l'analizzatore salverà automaticamente la misura prima dello spegnimento.

3.3 Regolazione di base: unità del display, data e ora

Alla consegna, il 4447 è preselezionato con data e ora e un'unità di misura predefinite (m/s^2). Di seguito è spiegato come modificare queste regolazioni.

3.3.1 Regolazione delle unità di misura preferite

L'unità di misura predefinita del 4447 è il sistema metrico decimale (m/s^2 e $m/s^{1.75}$), ma è anche possibile avere risultati visualizzati in 'g e $gs^{0.25}$' oppure in 'dB re. 1µm/s^2'.

Nota: questo manuale utente è scritto usando come unità di misura il sistema metrico decimale m/s^2 .

Modifica dell'unità di misura visualizzata

1) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup** e poi **Unità**.
2) Scegliere l'unità preferita usando i tasti [▲]/[▼] e premere [✓], per confermare la selezione.

Fig. 3.4
Selezione delle unità di misura



3) dopo la conferma, il display tornerà al menu **Setup**.

3.3.2 Regolazione data e ora

1) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup** e poi **Imposta tempo**.
   Nota: il parametro 'Imposta tempo' è nella seconda pagina del menu Setup.
2) Imposta l'ora usando le frecce [▲]/[▼] e premere [✓] per confermare ogni campo (ora, minuti, secondi, giorno, mese e anno) della selezione.
3) Dopo la conferma dell'anno, il display ritornerà al menu **Setup**.

3.4 Regolazione front-end

3.4.1 Selezione, collegamento e smontaggio degli accelerometri

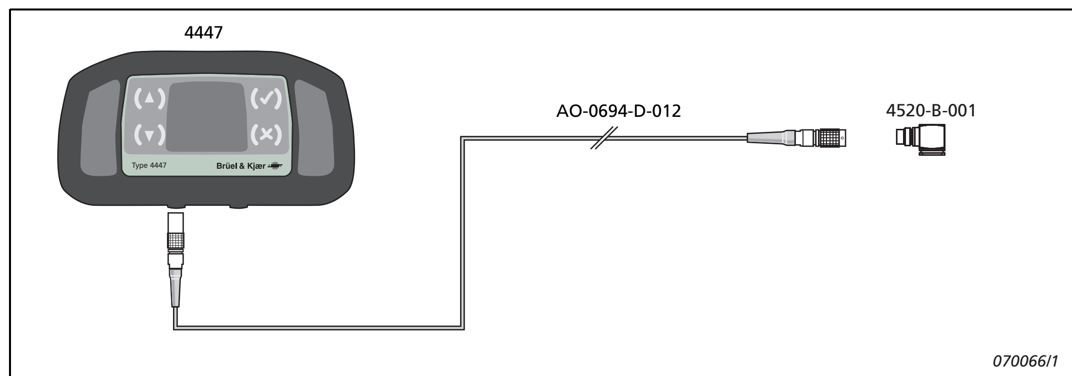
L'/gli accelerometro/i acquistato/i con il 4447 è/sono stato/i specificatamente selezionato/i per adeguarsi alle particolari applicazioni riguardanti la vibrazione del corpo umano.

Per selezionare l'accelerometro più appropriato, si veda di seguito:

- Per le misure di vibrazione corpo intero, per una persona seduta o eretta: cuscino di gomma 4515-B-002, dotato di accelerometro miniaturizzato 4524-B
- Per misure del sistema mano-braccio: accelerometro triassiale 4520-B-001. Tuttavia, misurando su attrezzi molto potenti che causano un'accelerazione estrema alla mano, si dovrebbe usare l'accelerometro 4520-004. Quest'ultimo (4520-004) è specifico per misure con un g elevato e può essere usato con un filtro meccanico (WA-0224), che rimuove le componenti alle alte frequenze. Queste frequenze sono fuori dalla gamma di frequenza considerata nel contesto di vibrazioni mano-braccio. Senza queste frequenze, il segnale avrà meno picchi, evitando sovraccarichi
- Per le misure di vibrazione (comfort) edilizia: accelerometro triassiale ad alta sensibilità (fornito con il pacchetto appropriato)

Per collegare gli accelerometri triassiali, usare il cavo AO-0694-D-012. Il connettore LEMO di questo cavo viene inserito nella presa sinistra a quattro poli del 4447, mentre il connettore Microdot si inserisce sul trasduttore, si veda la Fig.3.5.

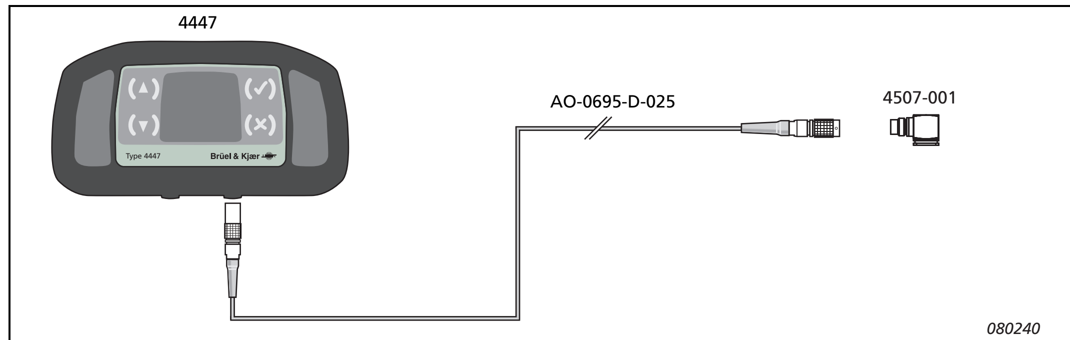
Fig.3.5 *Collegamento di un accelerometro triassiale (4520-B-001) con il 4447*



Oltre a questi accelerometri triassiali, il 4447 supporta anche accelerometri ad asse singolo (uniassiali), che potrebbero essere usati nel caso la vibrazione provenga - e sia di una certa intensità - solo da una direzione, ma anche per misurare la vibrazione sul pavimento di un veicolo, insieme a quella sul cuscino del sedile, durante una misura SEAT (si veda i capitoli 2 e 4).

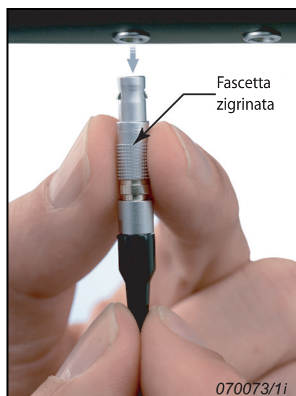
Per collegare un accelerometro uniassiale al 4447, usare il cavo AO-0695-D-025. Il connettore LEMO di questo cavo viene inserito nella presa destra a due poli del 4447, mentre il connettore Microdot si inserisce sull'accelerometro, si veda la Fig.3.6.

Fig. 3.6 *Collegamento dell'accelerometro ad asse singolo con il 4447*



Attenzione: togliendo il connettore LEMO dalla presa, tirare **solo** dalla fascetta zigrinata, si veda la Fig. 3.7. Non girare lo spinotto ne' tirare il cavo, altrimenti si potrebbe seriamente danneggiare.

Fig. 3.7
Smontaggio del connettore LEMO, usando la fascetta zigrinata



3.4.2 Regolazioni delle opzioni per il segnale d'ingresso in base alla potenza e al tipo

Il passo successivo è quello di regolare le opzioni a seconda del segnale d'ingresso, cioè, se il 4447 deve misurare usando l'ingresso triassiale, l'ingresso ad asse singolo o entrambi (asse 3+1). Il 4447 supporta sia accelerometri di carica e piezoelettrici che accelerometri DeltaTron® (accelerometri piezoelettrici con preamplificatori integrali); perciò, occorre specificare se l'alimentazione del trasduttore deve essere attivata o meno.

Regolazione opzione segnale d'ingresso in base alla potenza del trasduttore

Tutti gli accelerometri consegnati con il 4447 sono accelerometri DeltaTron, che devono essere forniti di corrente, regolando il 4447:

1) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup** e poi il menu **Ptz trasd.**.

2) Usando i tasti /, selezionare *CCLD Sì* (si veda la Fig.3.8) e confermare la selezione premendo , per poi ritornare al menu **Setup**.

Fig.3.8
Menu ***Ptz trasd.***



Selezionando *CCLD Sì* significa che la corrente di alimentazione del trasduttore viene fornita dalla presa d'ingresso. Usare questa regolazione ogni volta che un accelerometro DeltaTron o il Convertitore 2647 sono collegati all'ingresso. Impostato su *CCLD No*, non viene fornita corrente: usare questa regolazione quando all'ingresso è collegata una sorgente di tensione.

Regolazione opzione segnale d'ingresso in base al tipo di trasduttore

Oltreché l'opzione in base alla potenza, il 4447 deve essere regolato in base al tipo di accelerometro usato, che sia triassiale, uniassiale o entrambi simultaneamente. Per scegliere il tipo di accelerometro:

1) Dal menu **Principale**, selezionare il menu **Setup** e poi il menu **Trasduttore**.
2) Usare i tasti / per selezionare una delle tre opzioni:
   - Triassiale
   - Asse singolo
   - Asse 3+1

   e confermare la selezione premendo .

Nota 1: come sarà trattato nella sezione 3.5, il 4447 contiene un piccolo database con i dati di calibrazione per 5 trasduttori triassiali e 5 trasduttori ad asse singolo. Gli accelerometri triassiali sono memorizzati sotto gli indici 1-5, con la posizione 5 riservata ad un accelerometro con una sensibilità molto alta. Gli accelerometri uniassiali sono memorizzati nelle posizioni 6-10, con la posizione 10 riservata ad un accelerometro con sensibilità molto alta. (Per ulteriori informazioni, si veda la sezione 3.5).

3.5 Database della calibrazione e degli accelerometri

Dove le normative nel paese lo richiedono, la calibrazione deve essere effettuata prima e dopo ogni serie di misure usando il calibratore di vibrazione Brüel & Kjær, tipo 4294. Se non viene richiesta nessuna calibrazione, ne' prima ne' dopo ogni misura, si raccomanda comunque di controllare il siatema, almeno prima di ogni misura, per evitare errori. Si accede al menu **Calibrazione** dal menu **Principale**, e consiste in due voci: *Seleziona trasd.* e *Calibra trasd.*, descritti di seguito.

Il 4447 contiene un piccolo database che mantiene in memoria i dati di calibrazione di 5 trasduttori triassiali e 5 ad asse singolo. Gli accelerometri triassiali sono memorizzati sotto gli indici 1-5. Gli accelerometri uniassiali sono memorizzati nelle posizioni 6-10.

Le posizioni 5 e 10 sono riservati agli accelerometri ad alta sensibilità, principalmente destinati alla vibrazione edilizia. Dovuto alla grande massa, questi trasduttori (fino a 200 g ciascuno) richiedono l'uso di un'altra versione del calibratore di vibrazione (tipo 4294-002) (dissimile da quella usata con gli accelerometri miniaturizzati), che genera un livello di eccitazione più basso. Il 4447 automaticamente contabilizza per questi trasduttori le posizioni 5 e 10 nel database.

Quando si eseguono misure con l'opzione *Asse 3+1*, i trasduttori triassiale e ad asse singolo possono solo essere scelti a coppia seguendo lo schema 1+6, 2+7 ecc. Questo deve essere considerato anche posizionando nel database i dati di calibrazione per gli accelerometri triassiali e ad asse singolo, cioè nell'assegnazione dell'indice.

Sia la calibrazione che la selezione del trasduttore sono fatti attraverso il menu **Calibrazione** (si veda la Fig. 3.9), a cui si accede dal menu **Principale**.

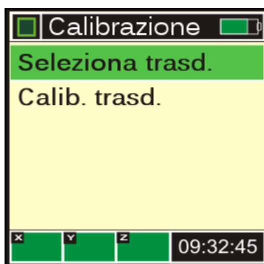


Fig. 3.9
Menu Calibrazione

Il database può essere composto da dati di calibrazione di digitazione manuale oppure avuti da una calibrazione con accelerometro direttamente collegato al 4447. Una volta che i dati di calibrazione di un trasduttore sono aggiornati nel database, sarà sufficiente selezionare quel dato per attivarlo. Selezionando *Calib. trasd.* si accede allo schermo **Modo calibra** (si veda la sezione 3.5.1).

3.5.1 Calibrazione del trasduttore (Accelerometro)

Il menu **Calib.trasd./Modo calibra** consente di eseguire due tipi di calibrazione: *Calibratore* e *Manuale*, come mostrato nella Fig. 3.10.



Fig. 3.10
Selezione del Modo calibra

Calibrazione usando un calibratore

Molte normative richiedono di eseguire una calibrazione prima e dopo ogni serie di misure:

- Per calibrare gli accelerometri miniaturizzati tipo 4524-B (cuscino accelerometrico) e tipo 4524-B-001 (vibrazioni mano-braccio), occorre usare il calibratore di vibrazione Brüel & Kjær tipo 4294. Tuttavia, l'accelerometro ad alto g, tipo 4520-004 non può essere calibrato con questo calibratore, poiché il livello generato sarà sottogamma
- Per calibrare accelerometri per vibrazione edilizia, più grandi e pesanti, occorre usare il calibratore di vibrazione Brüel & Kjær tipo 4294-002

Nota: durante la calibrazione, il filtro di ponderazione precedentemente selezionato è temporaneamente disattivato.

Prima d'iniziare la calibrazione:

1) Collegare l'accelerometro al 4447, si veda la sezione 3.4.1.

2) Accertarsi che il tipo di trasduttore usato (triassiale, ad asse singolo o asse 3+1) e la potenza del trasduttore siano impostati correttamente.

   Nota 1: per calibrare l'accelerometro incorporato nel cuscino, occorre che sia smontato e staccato dal suo adattatore. Usare il cacciavite in dotazione per svitare il piatto di montaggio. Fare molta attenzione nello scollegare il cavo dall'accelerometro.

   Nota 2: quando il tipo di trasduttore è Asse 3+1, il 4447 fornisce il modo di calibrare entrambi gli accelerometri, in una sequenza di calibrazione.

Dopo la calibrazione dell'accelerometro, posizionare il trasduttore sul gancio del piatto di montaggio, orientandolo come descritto sull'adesivo, con il logo in alto. Ricollegare con attenzione il cavo e riassemblare il cuscino.

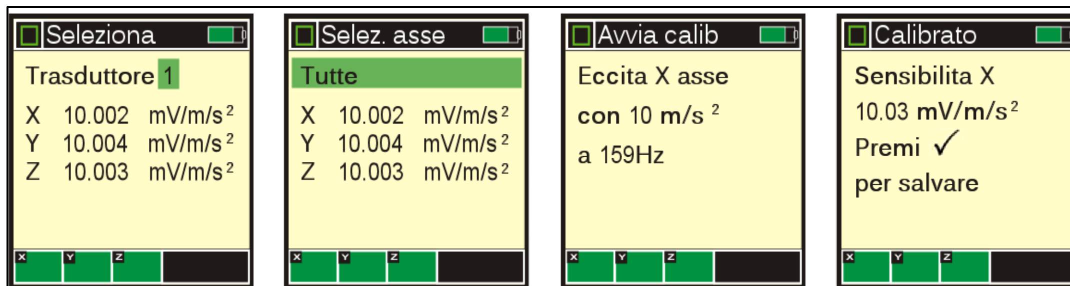
Calibrazione di un accelerometro triassiale

Per semplificare la calibrazione degli accelerometri triassiali, il 4447 offre una sequenza di calibrazione interattiva attraverso le assi X, Y e Z. In alternativa è possibile selezionare e calibrare ogni asse singolarmente.

Seguire la procedura/sequenza di calibrazione (dopo il punto 1) riferendosi ai display mostrati nella Fig. 3.11:

1) Dal menu **Principale** selezionare **Setup**, **Trasduttore** e *Triassiale*, poi ritornare al menu principale e selezionare **Calibrazione, Calib. trasd.** e **Calibratore**.

Fig. 3.11 *Sequenza della calibrazione*



2) Sulla finestra che appare, usare i tasti /, per selezionare quale degli accelerometri si desidera calibrare. Scorrendo attraverso il database, il 4447 mostrerà i dati di calibrazione correnti memorizzati per un particolare accelerometro. Per selezionare l'accelerometro desiderato, premere .

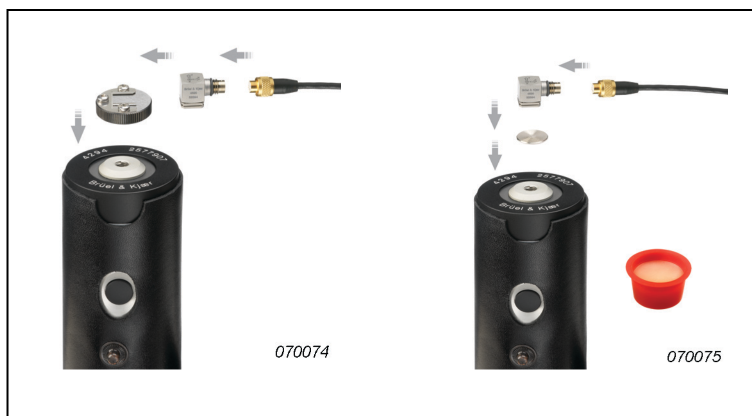
3) Usare / per selezionare *Tutti* (gli assi) e premere . Questo avvierà la procedura interattiva.

4) Prima viene chiesto di inviare un segnale di eccitazione all'asse X con 10 m/s^2 a 159.2Hz.

   Nota: se il trasduttore selezionato è uno dei primi quattro, il calibratore da usare è il tipo 4294, che invia al 4447 un livello di eccitazione di 10 m/s^2. Se invece il trasduttore è il numero 5, il calibratore da usare sarà il tipo 4294-002, che invia al 4447 un livello di calibrazione di 3.16 m/s^2.

5) Montare l'accelerometro sull'adattatore di calibrazione DV-0459 (o sul perno di fissaggio DB-0756 con cera d'api) lungo l'asse X, si veda la Fig. 3.12.

Fig. 3.12
Sinistra: Adattatore di calibrazione DV-0459
Destra: perno di fissaggio DB-0756 con cera d'api



6) Una volta montato il trasduttore, avviare il calibratore e premere sul 4447. Per completare la calibrazione di un asse, occorrono 12 s. La sensibilità dell'asse viene visualizzata. Confrontarla con quella indicata nelle specifiche del trasduttore e salvarla premendo .

Nota: il segnale di calibrazione deve essere stabile per tutti i 12 secondi, oppure verrà indicato un messaggio di errore: *Livello segnale non stabile*. In questo caso occorre premere [✓] per chiudere il messaggio e ripetere il punto 6. Le ragioni di un segnale instabile potrebbero derivare dal fatto che il calibratore venga spento prima del termine dei 12 secondi, oppure che il trasduttore non sia stato correttamente montato.

7) Dopo il completamento della calibrazione dell'asse, cambiare l'orientamento dell'accelerometro in modo che venga eccitato nella direzione successiva. Se il calibratore viene spento, occorre accenderlo di nuovo e continuare con la procedura descritta al punto 6, per gli altri assi.

Dopo l'accettazione della sensibilità dell'ultimo asse, il 4447 ritornerà al menu **Principale.** A questo punto i nuovi dati di calibrazione sono stati salvati ed il trasduttore appena calibrato diventa quello predefinito. Ciò significa che questo accelerometro sarà automaticamente selezionato nella procedura di misura.

Nota: durante la calibrazione, la sensibilità viene indicata come arrotondata a due decimali. I dati di calibrazione memorizzati nel database hanno una precisione migliore.

Per calibrare solo un asse particolare di un accelerometro triassiale:

1) Seguire i punti 1) e 2) descritti in precedenza. Al punto 3), invece di selezionare *Tutti*, selezionare l'asse da calibrare.

2) Seguire i punti da 4) a 6) per l'asse scelto.

Accettando la calibrazione/sensibilità, il 4447 salverà i dati per questo asse e tornerà al menu **Principale**.

Nota: i valori di calibrazione predefiniti per tutti gli accelerometri sono $0mV/ms^{-2}$. Fintanto che tutti gli assi di un accelerometro non sono stati realmente calibrati la prima volta, l'accelerometro non può essere usato nelle misure. Perciò se si calibrano solo uno o due assi, il trasduttore non diventerà ancora il trasduttore predefinito. Solo dopo, quando tutti gli assi sono stati calibrati per la prima volta, sarà possibile, calibrando un solo asse, predefinire quel trasduttore,

Calibrazione di un accelerometro triassiale ed uno ad asse singolo nella modalità Asse 3+1

Se il tipo di trasduttore è stato impostato come *Asse 3+1* (dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Trasduttore** e *Asse 3+1*), il 4447 potrà effettuare una calibrazione dell'accelerometro triassiale e ad asse singolo in una sola sequenza di calibrazione. La procedura di calibrazione è analoga a quella di un accelerometro triassiale. Si può scegliere di calibrare tutti gli assi in una sequenza o per un solo asse selezionato.

Calibrazione manuale

Un'alternativa all'uso di un calibratore è la calibrazione manuale, usando i pulsanti. Non occorre che il trasduttore sia collegato. La calibrazione manuale richiede la conoscenza della sensibilità dell'accelerometro, indicata nella carta di calibrazione del singolo accelerometro.

1) Accertarsi che sia stato selezionato il corretto tipo di accelerometro (dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Trasduttore** e *Triassiale, Asse singolo*, o *Asse 3+1*).
2) Dal menu **Principale** selezionare **Calibrazione**, **Calib. trasd.** e *Manuale*.
3) Ora lo strumento richiede di selezionare il trasduttore (o coppia), per cui si desidera impostare la sensibilità. Usare i tasti / per selezionare quale degli accelerometri si desidera calibrare e premere .
4) Il cursore passerà alla prima cifra della sensibilità del primo asse del trasduttore. Usare i tasti / per selezionare il valore.
5) Premere per avanzare alla cifra successiva. Se occorresse tornare indietro, premere .
6) Ripetere la procedura descritta nei punti 4) e 5) per ciascun valore. Una volta inserita l'ultima cifra di un asse, il cursore passerà alla riga successiva.
7) Dopo aver completato l'inserimento della sensibilità dell'ultimo asse, l'analizzatore tornerà al menu **Principale**.

A questo punto, i nuovi dati di calibrazione sono stati salvati ed il trasduttore appena calibrato diventa quello predefinito. Ciò significa che questo accelerometro sarà automaticamente selezionato nella procedura di misura.

3.5.2 Selezione di un trasduttore (accelerometro) dal database

Nel 4447, i dati di calibrazione, fino a cinque accelerometri triassiali (numerati da 1 a 5) e cinque accelerometri ad asse singolo (numerati da 6 a 10), vengono memorizzati in un piccolo database. Se al 4447 si collega un altro accelerometro, i cui dati di calibrazione sono già memorizzati nello strumento, il compito restante è quello di selezionare i dati dell'accelerometro dal database.

Per richiamare la sensibilità dell'accelerometro e selezionarla:

1) Accertarsi che sia stato selezionato il corretto tipo di accelerometro (dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Trasduttore** e *Triassiale, Asse singolo*, o *Asse 3+1*).
2) Dal menu principale, selezionare **Calibrazione/Seleziona trasd.** Lo strumento richiede di selezionare il trasduttore (o la coppia) dal database: 1-5 se il tipo è impostato come triassiale, 6-10 se è uniassiale, e da 1+6 a 5+10 se l'opzione scelta è 3+1.
3) Usare i tasti /, per selezionare l'accelerometro e premere , per confermare la selezione.

Una volta terminato, l'analizzatore tornerà al menu **Principale**.

3.6 Scelta della ponderazione/applicazione

A seconda di come l'analizzatore 4447 viene usato per misurare vibrazioni del sistema mano-braccio, vibrazioni corpo intero o vibrazioni in edilizia, deve essere impostato adeguatamente, selezionando il filtro di ponderazione a seconda dell'applicazione:

- **Corpo intero:** per conformarsi alla normativa ISO 2631–1:1997, i segnali d'ingresso per gli assi X e Y sono ponderati usando una curva di ponderazione W_d, e per l'asse Z usando una ponderazione W_k (si veda la Fig. 3.13 e la Fig. 3.14)
- **Mano-braccio:** per conformarsi alla normativa ISO 5349–1:2001, i segnali d'ingresso provenienti dai canali di misura sono ponderati in frequenza con la ponderazione W_h (si veda la Fig. 3.15)
- **Vibrazione edilizia:** per conformarsi alla normativa ISO 2631–2:2003, i segnali d'ingresso provenienti dai canali di misura sono ponderati in frequenza con la ponderazione W_m (si veda la Fig. 3.16)

Fig. 3.13 *Grandezza della ponderazione in frequenza* W_d *per la vibrazione corpo intero orizzontale, asse X o Y, persona seduta, eretta o coricata (basata sulle ISO 8041 e ISO 2631–1)*

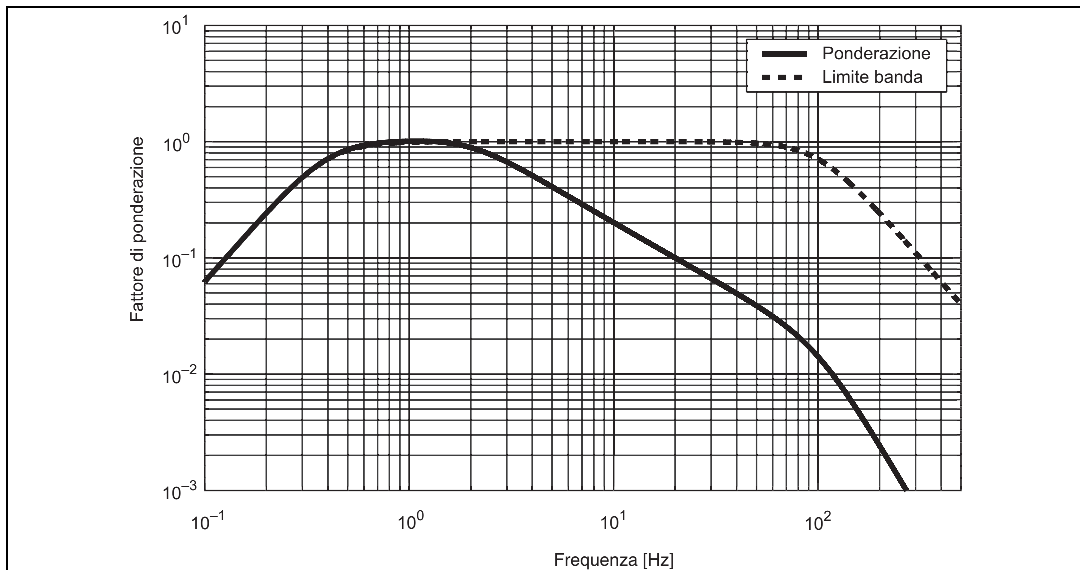


Fig. 3.14 *Grandezza della ponderazione in frequenza* W_k *per la vibrazione corpo intero verticale, asse Z, persona seduta, eretta o coricata (basata sulle ISO 8041 e ISO 2631—1)*

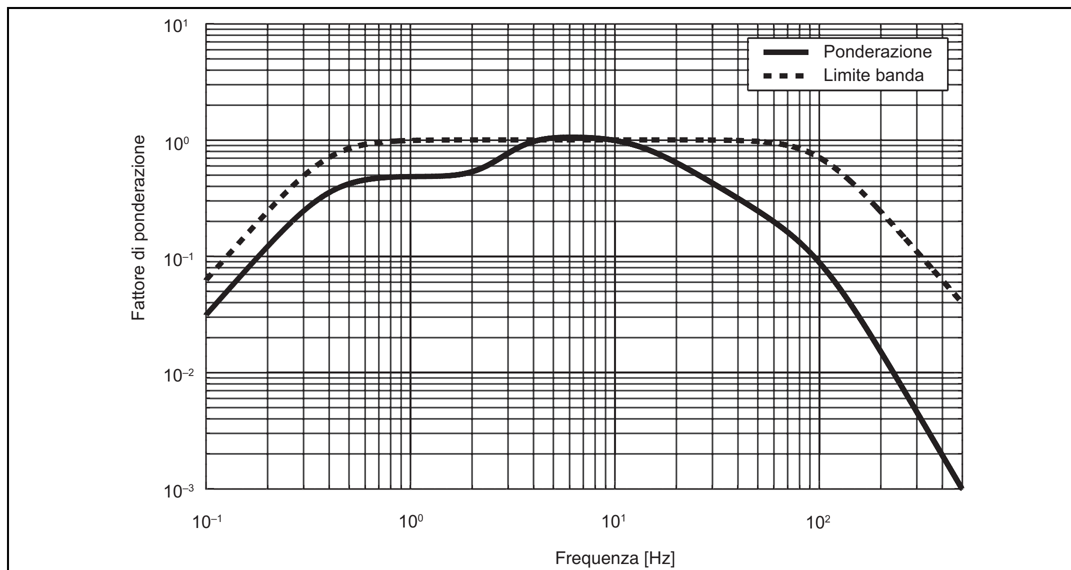


Fig. 3.15 *Grandezza della ponderazione in frequenza* W_h *per la vibrazione mano-braccio, tutte le direzioni (basata sulle ISO 8041 e ISO 5349 – 1)*

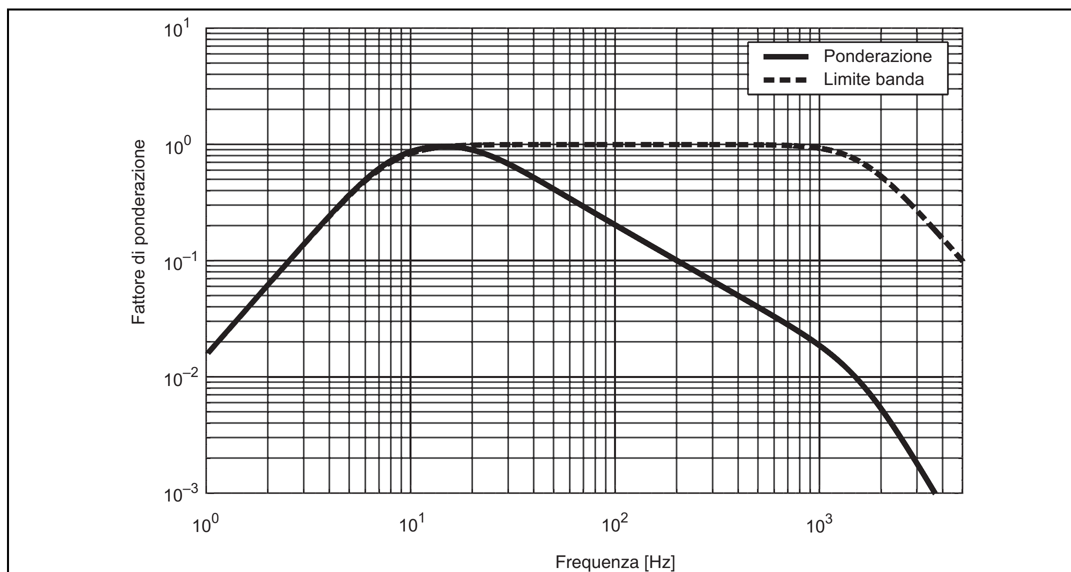
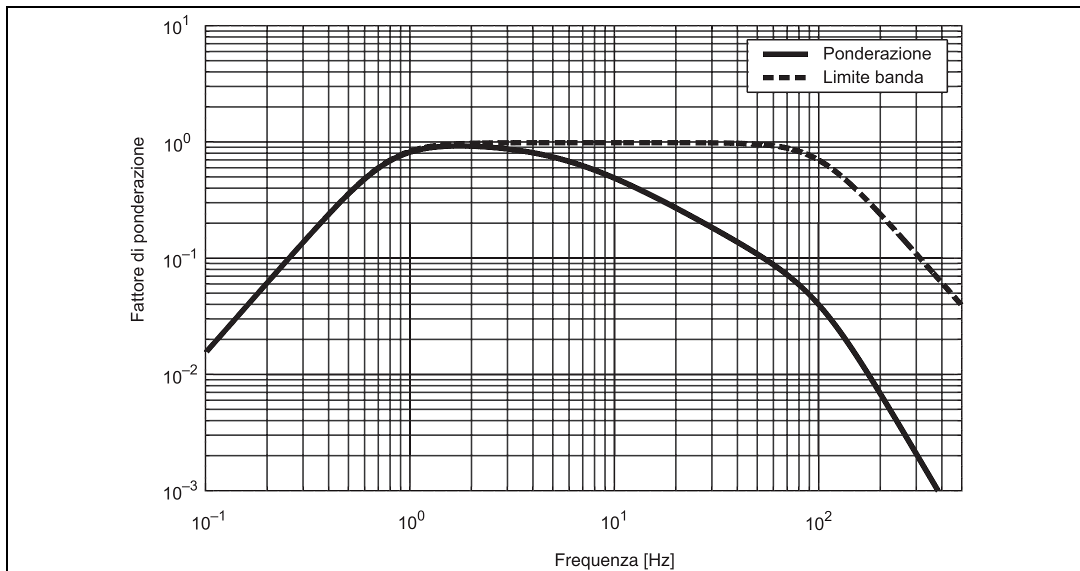


Fig. 3.16 *Grandezza della ponderazione in frequenza* W_m *per la vibrazione edilizia, tutte le direzioni (basata sulle ISO 8041 e ISO 5349 – 1)*



Il 4447 è dotato di filtri in forma di limitatori di banda. Questi filtri hanno le stesse frequenze limite delle ponderazioni della vibrazione corpo-intero, mano-braccio e edilizia. Tuttavia, nel passa banda, non viene applicata altra ponderazione, vale a dire il filtro ha una risposta piatta. La gamma di frequenza nominale dei filtri limitatori di banda è di 8–1000 Hz per misure mano-braccio, 0.5 – 80 Hz per misure corpo intero e 1 – 80 Hz per la vibrazione edilizia.

Passando ad un filtro diverso, il 4447 selezionerà automaticamente i fattori *k* che si conformano con la normativa pertinente, si veda il Capitolo 2:

- Ponderazione vibrazione corpo intero: $k_x = 1.4$, $k_y = 1.4$ e $k_z = 1.0$
- Ponderazione vibrazione mano-braccio e edilizia: tutti e tre i fattori *k* sono impostati su 1.0

I fattori k sono visualizzati selezionando la ponderazione in frequenza.

3.7 Registrazione

Con il 4447 qualsiasi tipo di misura può essere effettuato come misura normale o registrata. Nella modalità registrata, l'analizzatore 4447, memorizzerà, oltre che alla misura standard, i valori *RMS*, *Picco*, *MTVV* e *VDV* per ogni asse ad intervalli di 1 s. Dentro l'intervallo, la media lineare viene usata per *RMS*. Tale profilo di registrazione fornisce una visione più dettagliata dell'esposizione alla vibrazione su un corso di misure e da' più libertà in seguito, nella postelaborazione.

Per eseguire misure di registrazione:

1) Preparare il 4447 come descritto dalla sezione 3.1 alla sezione 3.6.

2) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup** e poi **Registrazione**. Il menu **Registrazione** indica la capacità di registrazione residua in ore e minuti e consente di scegliere di attivare o disattivare la registrazione.

3) Usare / per selezionare *Attiva* e premere per confermare la selezione.

Se si avvia una misura, il 4447 eseguirà la misura totale e in aggiunta registrerà i dati di vibrazione.

Durante la misura, un cerchio rosso sarà indicato nell'angolo sinistro in alto al posto della freccia verde .

Nota: se durante una misura di registrazione, lo strumento esaurisce la capacità di memoria, la misura si arresta. I dati di misura sono comunque salvati e sul display viene visualizzata la *Reg tot.*.

3.8 Il display

Nel corso delle misure, il display dell'analizzatore 4447 fornisce informazioni istantanee riguardanti la regolazione, lo stato della misura, lo stato dei canali d'ingresso, lo stato della batteria dello strumento ed i risultati della misura in corso. La Fig.3.17 mostra un display seguito da una descrizione dei vari campi.

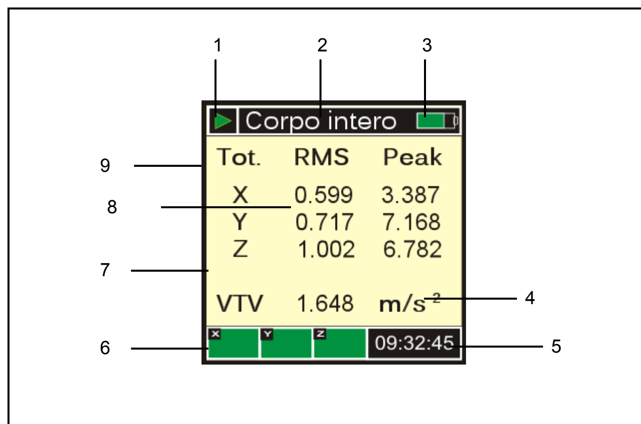


Fig.3.17
Esempio del display durante una misura

1) **Campo dello stato della misura:** una misura in corso è indicata dal simbolo (un cerchio rosso lo sostituisce nel caso di una registrazione); una misura in pausa dal simbolo ; e una misura che è stata arrestata, da simbolo .

2) **Campo della ponderazione:** questo campo mostra la ponderazione/tipo di frequenza della misura che è stata selezionata in precedenza in **Setup/Ponderazione**. Può essere:

- **Corpo intero:** i segnali d'ingresso sono ponderati in frequenza con le curve conformi alle normative per la vibrazione corpo-intero, W_d e W_k (si veda la Fig.3.13 e la Fig.3.14)

- **Mano-braccio:** i segnali d'ingresso sono ponderati in frequenza con la curva conforme alle normative per la vibrazione mano-braccio, W_h (si veda la Fig. 3.15)
- **Vibrazione edilizia:** i segnali d'ingresso sono ponderati in frequenza con la curva conforme alle normative per la vibrazione edilizia, W_m

Quando il campo della ponderazione è uno sfondo nero, viene usata la ponderazione standard. Quando lo sfondo è giallo, vengono usate le versioni del limitatore di banda dei filtri. In questo caso, il segnale sarà filtrato usando la larghezza di banda dei filtri rispettivamente conformi alla normativa per la vibrazione mano-braccio, corpo intero e edilizia, ma entro il passa banda la risposta del filtro è piatta.

Nota: i filtri limitatori di banda vengono introdotti per convenienza, tuttavia le misure, in accordo alla ISO 5349 e alla ISO 2631, dovrebbero essere eseguite sempre applicando una ponderazione totale. Perciò, come avviso, sul display del 4447 e nel software per PC, Vibration Explorer, i dati raccolti con il filtro limitatore di banda saranno marcati con uno sfondo giallo.

3) **Icona batteria:** mostra la capacità disponibile della batteria. Il colore verde (carica) cambia in arancione quando la batteria avrà il 40% di capacità residua e in rosso quando sarà al 20%. Arrivata al 3%, viene indicato il messaggio, *Batt esaurita*. Riferirsi al Capitolo 7.

   Durante la carica, l'icona mostra una riga verde che si sposta avanti e indietro. Se dietro l'icona compare la lettera *C*, ciò significa che la carica avviene attraverso un carica batteria, si veda la Fig. 3.1. Quando il 4447 è collegato ad un PC, al posto della *C*, all'inizio verrà indicata la lettera *U* che verrà sostituita da un simbolo USB grande.

   Si prega di notare che la carica non sarà molto efficace, quando è il PC a essere sorgente di alimentazione.

4) **Unità:** unità visualizzata che corrisponde al parametro di misura selezionato. Può essere, ad esempio, m/s^2 per i parametri *RMS* e *Picco*, e m/s$^{1.75}$ per *VDV* e $VDV(8)_k$.

   Nota: quando si è selezionato la posizione 5 o 10, le unità cambiano in mm/s^2 o mm/s$^{1.75}$.

5) **Indicazione del tempo:** quando non c'è nessuna misura in corso, il display indica il tempo reale in ore, minuti e secondi. Durante la misura, indicherà il tempo trascorso in minuti e secondi.

6) **Indicazione dello stato:** dei canali d'ingresso in basso allo schermo. A seconda del trasduttore scelto, l'indicatore usa due o tre campi dello stato.

   Quando è stato selezionato un accelerometro triassiale, vengono indicati tre campi, uno per ogni asse.

   Quando un singolo asse 3+1 è stato selezionato, vengono mostrati due campi (sinistra – stato dell'asse singolo (*AUX*); destra – stato triassiale (*XYZ*)). Se si presentasse un problema (cioè, di assestamento, sottogamma, sovraccarico o rottura del cavo) con lo stato triassiale in qualsiasi dei tre canali, questo sarà indicato nel campo dello stato, vale a dire, che verrà indicato ma non specificato su quale canale.

   Quando un asse singolo è stato selezionato, vengono mostrati due campi, ma solo il campo sinistro (*AUX*) viene usato – quello destro (*XYZ*) è presente, ma non attivo.

   Lo stato viene indicato con quattro codici di colore: viola, verde, rosso e giallo:

- **Viola:** lo strumento si sta stabilizzando, dopo una modifica della regolazione
- **Verde:** tutto è OK. Se **CCLD** è impostato su *CCLD No*, l'ingresso sarà in modalità tensione è questo sarà indicato con una *V*
- **Rosso:** c'è un errore. Se è indicata una *O*, vuole dire che c'è stato un sovraccarico. Se **CCLD** è impostato su *CCLD Sì*, potrebbe essere indicata anche una *B* o una *S*: *B* sta per una rottura nel cavo, *S* sta per un corto circuito del cavo; entrambi indicano errori nell'accelerometro o nel cablaggio con lo strumento
- **Giallo:** attenzione! *U* sta per sottogamma e indica che la misura risulta essere inferiore al limite più basso della gamma lineare di funzionamento – può accadere solo durante la misura.

7) **Asse:** direzione della misura.
8) **Schermo:** parte centrale del display che visualizza i risultati del parametro selezionato (si veda il Capitolo 4).
9) **Campo del parametro di misura:** i seguenti parametri possono essere alternati sullo schermo durante la misura:
   - *RMS Corrente & MTVV* e *RMS Totale RMS & Picco* per le misure mano-braccio
   - *RMS Corrente & MTVV*, *RMS Totale & Picco*, e *VDV Totale &* $VDV(8)_k$ per misure corpo intero e di vibrazione edilizia, in qualsiasi delle unità selezionate
   - Nelle misure SEAT, viene aggiunta un'altra pagina che indica *RMS Totale* e $VDV(8)_k$ per il canale ausiliare e la direzione Z del cuscino, ed il valore *SEAT*

3.9 Controllo della fase di misura

3.9.1 Avvio delle misure

Per iniziare una misura, dal menu **Principale** selezionare **Misura** usando i tasti ▲/▼ e confermare premendo ✓.

Nota: nei casi si sia modificato il filtro di ponderazione o il tipo di trasduttore, i filtri dovranno attendere alcuni secondi per stabilizzarsi, dopodiché la misura ha inizio ed il tempo reale indicato dal display si modifica con il tempo trascorso.

3.9.2 Le fasi di misura sul display

Durante la misura o mentre la misura è in corso, usando i tasti ▲/▼, scorrere attraverso il display e osservare i diversi parametri di misura che dipenderanno dal tipo di ponderazione selezionato, *Mano-braccio*, o *Corpo intero* e dalla selezione del trasduttore, *Triassiale* o *Asse singolo*. *VDV* e $VDV(8)_k$ saranno disponibili solo per la ponderazione *Corpo intero*.

Nota: tutti i valori misurati *RMS*, *MTVV* e *VDV* per i diversi assi sono visualizzati e memorizzati **senza** la moltiplicazione per i fattori k. In *VTV*, *A(1)*, *A(4)*, *A(8)* e $VDV(8)_k$, i diversi assi sono moltiplicati per i loro rispettivi fattori k, Per ulteriori dettagli sui fattori k, riferirsi al Capitolo 2.

3.9.3 Misure in pausa

Qualsiasi misura può essere interrotta (con pausa) in ogni momento, premendo . L'indicazione *Tempo trasc.* si arresta ed i risultati possono essere visualizzati scorrendo il display. Premere di nuovo per continuare la misura, oppure premere per più di 3 secondi per terminare la misura.

3.9.4 Arresto della misura

Per arrestare la misura, premere per 3 secondi. Con una misura arrestata si hanno due opzioni:

- Premere per salvare i risultati
- Premere per rifiutare la misura

Nota: i dati registrati saranno sempre mantenuti anche premendo o .

3.9.5 Azzeramento e riavvio delle misure

Una misura (mano-braccio o corpo intero) può essere azzerata e riavviata in ogni momento; non è necessario interromperla. Per riavviare una misura, premere due volte entro 1 secondo. I valori misurati indicati sul display vengono azzerati 0.000, come il tempo (00:00:00) ed i possibili sovraccarichi presenti. Una nuova misura si avvia immediatamente dopo l'azzeramento, senza ritardi.

Nota: nell'esecuzione di misure di registrazione, l'azzeramento e il riavvio non è possibile.

3.10 Gestione dei dati di misura

Tutte le misure salvate sono disponibili in qualsiasi istante, per essere richiamate e visualizzate o trasferite ad un PC per successivi calcoli e report. Ogni misura viene identificata da un numero unico e dalla data e l'ora del salvataggio.

Nota: solo i dati della misura totale possono essere richiamati o visualizzati sullo schermo del 4447. Per visualizzare i dati di registrazione occorre prima trasferirli ad un PC.

3.10.1 Richiamo dei risultati dalla memoria

Per richiamare i risultati salvati nella memoria:

1) Dal menu **Principale**, selezionare **Gestione dati**, e **Rich.mis.salv.**.
2) Si accede ad un elenco di misure memorizzate nel 4447. Queste misure sono identificate da un numero, dalla data e ora (si veda la Fig. 3.18).
3) Usare i tasti / per selezionare la misura da richiamare e premere per selezionarla.

Fig. 3.18
Gestione dati, Rich.mis.salv.

Rich.mis.salv
1: 05.10.07 11:30
2: 05.10.07 12:11
3: 06.11.07 08:10
4: 07.11.07 08:45
X Y Z 09:32:45

Le informazioni disponibili per la visualizzazione, dipendono dall'applicazione. Come esempio delle misure corpo intero, sono disponibili 5 diversi display dei risultati, come mostrato nella Fig. 3.19.

Fig. 3.19 *Gestione dati, Rich.mis.salv.(misure corpo intero)*

File 5
Ponderazione
Corpo intero
Trasduttore 1
Tempo trasc.:
00:16:49

File 5

Tot.	RMS	MTVV
X	0.599	1.550
Y	0.717	3.417
Z	1.002	1.578
VTV	1.648	m/s²

File 5

Tot.	RMS	Peak
X	0.599	3.387
Y	0.717	7.168
Z	1.002	6.782
VTV	1.648	m/s²

File 5

Tot.	VDV	VDV(8)k
X	4.803	15.54
Y	6.912	22.36
Z	7.241	16.73
VTV	13.83	m/s^1.75

File 5
A(1): 0.355
A(4): 0.710
A(8): 1.004
m/s²

Richiamando i risultati, anche *A(1)*, *A(4)*, *A(8)* saranno disponibili. Questi rappresentano/indicano i valori di esposizione giornaliera alla vibrazione per 1, 4 e 8 ore di esposizione alla vibrazione. Perciò, *A(4)* è uguale a *A(8)* moltiplicato per la radice quadrata di *4 ore/8 ore*. *A(1)* è uguale a *A(8)* moltiplicato per radice quadrata di *1 ora/8 ore*. Nei risultati mano-braccio, *A(n)* è uguale a *VTV RMS Totale*. Nei risultati corpo intero, *A(n)* è uguale al massimo *RMS Totale* dei tre assi, moltiplicato per i loro rispettivi fattori k.

Nota: tutti i valori misurati *RMS*, *MTVV*, *Picco* e *VDV* per i diversi assi sono visualizzati e memorizzati senza la moltiplicazione con i fattori k. In *VTV*, *A(8)*, *A(4)*, *A(1)* e $VDV(8)_k$, i diversi assi sono moltiplicati per i loro rispettivi fattori k.

3.10.2 Cancellazione dei dati dalla memoria

Per cancellare le misure ed i dati di registrazione dalla memoria:

1) Dal menu **Principale**, selezionare **Gestione dati** e poi *Canc. tutto*.

   Nota: il 4447 non può cancellare i singoli file, questa funzione rimuove tutte le misure e i dati di registrazione in una volta.

2) Se sicuri della cancellazione, confermare premendo (✓).

3.11 Informazioni sulla piattaforma e sul firmware e aggiornamento dello strumento

Per visualizzare le informazioni riguardanti il numero di serie, la piattaforma e il firmware, dal menu **Principale**, selezionare **Setup** e **Info...** per visualizzare le seguenti informazioni:

- Versione hardware – **HW**
- Versione firmware – **FW**
- Numero di serie – **Nr. serie**

L'aggiornamento del firmware viene fatto usando il software per PC, Vibration Explorer, che è in dotazione con il 4447. Per ulteriori informazioni, riferirsi al Capitolo 5.

Capitolo 4

La misura con il tipo 4447

Prima di eseguire qualsiasi misura, controllare attentamente i seguenti parametri di regolazione; devono essere impostati in modo corretto per garantire risultati privi di errori:

- Selezione del trasduttore (**Trasduttore**): *Triassiale, Asse singolo o Asse 3+1*
- Filtro di ponderazione per la misura (**Ponderazione**): *Mano-braccio*, *Corpo intero* o le versioni di *Limite banda*
- Registrazione (**Registrazione**): *Attiva* o *Disattiva*
- Configurazione front-end (**Ptz. trasd.**): *CCLD Si/No*
- Trasduttore selezionato e la sua calibrazione (**Calibrazione**)

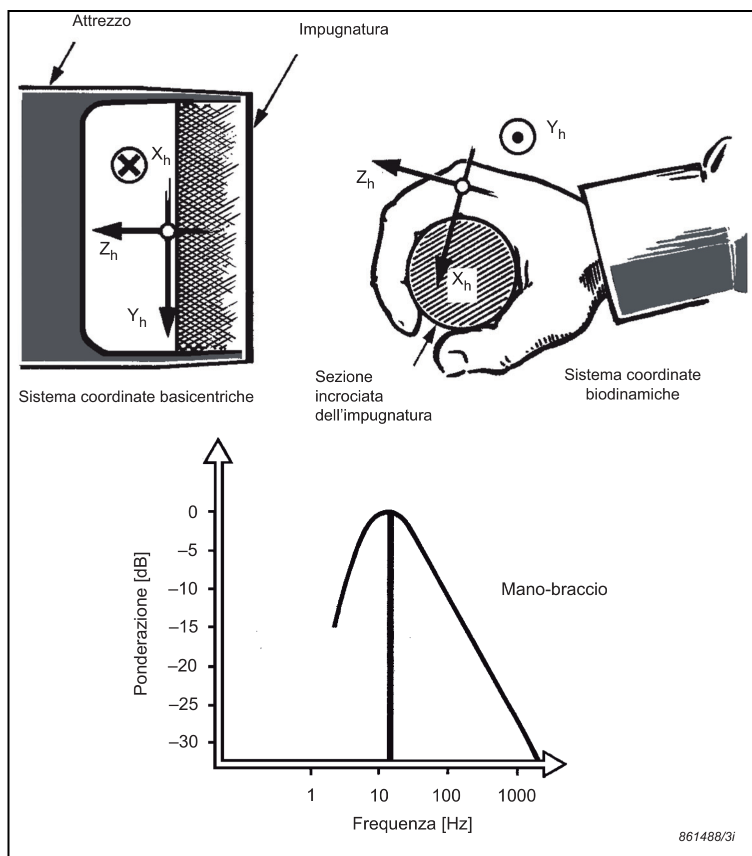
Nota: non è possibile misurare con il 4447 mentre è collegato ad un PC. Notare inoltre che non è consigliabile usare l'alimentazione esterna (Carica batteria ZG-0459) durante l'esecuzione di misure, poiché potrebbe interferire producendo rumore.

4.1 Esecuzione delle misure mano-braccio

Prima di eseguire le misure mano-braccio, si raccomanda di riferirsi alla normativa ISO 5349–2:2001. Alcune informazioni sono contenute anche nella normativa ISO 20643:2004, Vibrazione meccanica, Macchinari manovrati a mano, Principi di valutazione delle emissioni di vibrazioni. Altre informazioni specifiche si trovano nella serie ISO 8662 (da sostituire con la serie ISO 28927) e nella serie EN 60745 (indicata anche nel Capitolo 2).

Nell'esecuzione di misure mano-braccio, l'accelerometro deve essere posizionato nel punto di contatto della mano con la superficie dell'impugnatura, il più vicino possibile al centro della presa, si veda la Fig. 4.2. Rivedere la ISO 5349–2:2001 per un numero di raccomandazioni che riguardano dove montare l'accelerometro su un particolare attrezzo, impugnatura o macchinario.

Fig.4.1
Misura di principio e orientamento degli assi



4.1.1 Procedura di una misura mano-braccio con il 4447

1) Accendere lo strumento premendo [✓] per almeno 3 secondi.

2) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Trasduttore** e poi *Triassiale* usando i tasti [▲]/[▼]. Confermare la selezione premendo [✓].

3) Scegliere l'accelerometro adeguato per la misura e collegarlo al 4447; si veda la sezione 3.4.1:
   – se l'accelerometro scelto è già stato calibrato, accertarsi che sia stato attivato. Selezionare **Calibrazione**, **Seleziona trasd.** e poi il trasduttore desiderato usando i tasti [▲]/[▼]. Confermare la selezione premendo [✓].
   – Se occorresse calibrare l'accelerometro, seguire i punti descritti nella sezione 3.5.

4) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Ponderazione** e poi *Mano-braccio*, usando i tasti [▲]/[▼]. Confermare la selezione premendo [✓].

5) Uscire dal **Setup** premendo [✕].

6) Montare il trasduttore su uno degli adattatori per la misura mano-braccio in dotazione con il 4447. L'elenco degli adattatori ed una descrizione delle situazioni in cui dovrebbero essere usati, viene data di seguito in questa sezione.

7) Posizionare l'adattatore più vicino possibile alla posizione naturale della presa usata nel manovrare l'attrezzo. Riferirsi alla ISO 5349–2:2001.

8) Controllare che il cavo non interferisca con eventuali pericoli, fissandolo al braccio dell'operatore con il cinturino di VELCRO® in dotazione, DG-0517.

9) Chiedere all'operatore di iniziare il lavoro con l'attrezzo. Se si usa l'adattatore dell'impugnatura, la persona da valutare deve mantenerlo contro la superficie dell'attrezzo con una presa costante.

10) Usando i tasti [▲]/[▼], selezionare **Misura** dal menu **Principale** e premere [✓] per avviare la misura.

    Se, prima di iniziare la misura, si è modificata la ponderazione, occorreranno alcuni secondi al nuovo filtro per stabilizzarsi, altrimenti la misura avrà inizio immediatamente.

11) Mentre la misura mano-braccio è in corso, si possono monitorare i parametri *RMS corr., MTVV, RMS Totale* ed il valore *Picco* per le direzioni X, Y e Z:
    - Nel primo display di misura (nessuna azione richiesta), i parametri *RMS corr.* e *MTVV* sono mostrati separatamente per gli assi X, Y e Z
    - Nel secondo display di misura (premere [▼] una volta per navigare in questo display) sono indicati il valore di accelerazione della vibrazione ponderata e mediata nel tempo (chiamato *RMS Totale*) ed il valore *Picco* per le direzioni X, Y e Z. Inoltre, in basso allo schermo verrà indicato il *VTV* (*Valore totale della vibrazione*), che qui è la radice della somma dei quadrati dei valori *RMS Totale* per tutti e tre gli assi

    Nota: dopo che i dati sono stati salvati e richiamati, verranno calcolati i valori di esposizione giornaliera alla vibrazione *A*(8), *A*(4) e *A*(1).

12) Per arrestare la misura premere [✓] per alcuni secondi. Verrà richiesto di salvare o rifiutare i dati. Premere [✓] un'altra volta per salvare la misura, oppure premere [✕] per rifiutarla.

Per poter richiamare la misura, consultare la sezione 3.10.1. Si veda la sezione 5.3.5 per le informazioni sul trasferimento dati per l'archiviazione e la postelaborazione.

4.1.2 Adattatori per le misure mano-braccio

Il montaggio dell'accelerometro dovrebbe essere più rigido possibile, se troppo flessibile verrà rimbalzato* e l'accelerazione misurata non sarà quella della superficie della presa dell'attrezzo. Per ottenere un buon montaggio, il 4447 ha in dotazione tre adattatori diversi:

1) Adattatore cubico UA-3017 per il montaggio diretto sulla superficie situata in posizione della presa (dove c'è abbastanza spazio), si veda la Fig. 4.2, sinistra.

* Anche se non visibile ad occhio nudo, un montaggio elastico darà risultati errati.

2) Adattatore mano UA-3015 per la tenuta tra due dita con il piano base in contatto con la superficie dell'attrezzo (dove il montaggio diretto non è possibile), si veda la Fig. 4.2, centrale.

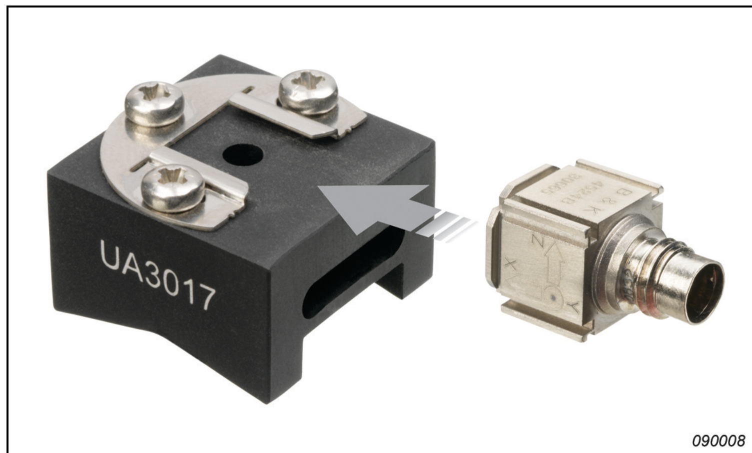
3) Adattatore impugnatura UA-3016 per il posizionamento dell'impugnatura dove la mano impugna l'attrezzo (dove il montaggio diretto non è possibile), si veda la Fig. 4.2, destra.

Fig. 4.2 *Gli adattatori usati con il 4447*



Ogni adattatore ha un aggancio in alto dove viene montato il trasduttore, si veda la Fig. 4.3.

Fig. 4.3
Montaggio del trasduttore sull'aggancio dell'adattatore



Nelle misure mano-braccio, per determinare il VTV, l'orientamento del trasduttore non è importante poiché tutti gli assi hanno la stessa ponderazione. Tuttavia, poiché i valori di vibrazione di ogni asse ortogonale possono essere rilevanti, è comunque consigliabile orientare correttamente il trasduttore.

Se lo spazio lo permette, si consiglia di usare l'adattatore cubico UA-3017 e fissarlo sull'impugnatura o sulla sorgente di vibrazione. Se lo spazio non consente un montaggio diretto, occorre usare l'adattatore mano UA-3015, o l'adattatore impugnatura UA-3016. Esempi dell'impiego di questi adattatori sono mostrati nella Fig. 4.4. Altri esempi di posizione di montaggio dell'accelerometro sono descritti nella ISO 5349–2:2001, Annesso A. Per una guida dettagliata sul montaggio di accelerometri su diversi attrezzi o parti di macchine a funzionamento manuale o macchinari, riferirsi alla ISO 5349.2:2001.

Fig.4.4
Esempi di adattatori: cubico, mano e impugnatura



Per montare l'accelerometro sugli adattatori occorre allentare le viti con un cacciavite, posizionare l'accelerometro nella guida e avvitare di nuovo le viti (si veda la Fig.4.5).

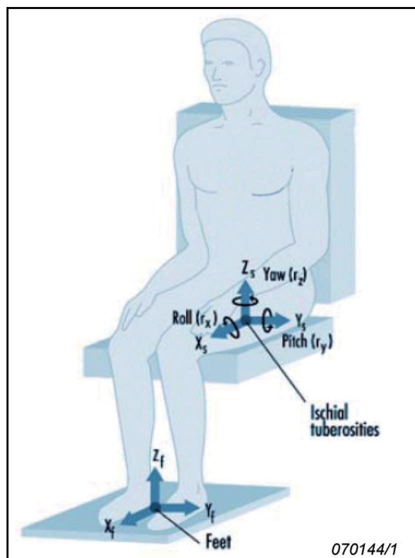
Fig.4.5
Montaggio dell'accelerometro nell'adattatore



4.2 Misure corpo-intero

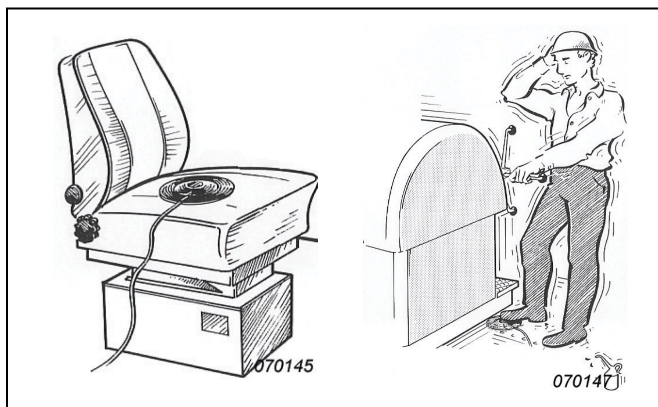
Prima dell'esecuzione di una misura corpo intero, si raccomanda di consultare la normativa ISO 2631–1:1997. In accordo a questa normativa internazionale, la vibrazione viene misurata lungo le tre direzioni ortogonali definite in relazione alla superficie su cui la vibrazione entra in contatto con il corpo umano; si veda la Fig. 4.6.

Fig. 4.6
Sistema coordinate biodinamiche con gli assi in relazione al corpo



L'accelerometro deve essere posizionato in un cuscino di gomma preferibilmente fissato al pavimento o al sedile, usando un nastro adesivo o uno strap, a garanzia che il trasduttore rimanga nella posizione desiderata, sopportando i cambiamenti di posizione del guidatore o operatore. Tuttavia, per avere dei risultati corretti, il cuscino deve essere caricato dall'operatore durante la misura. Il lavoratore dovrebbe rimanere seduto o eretto sul cuscino, in modo appropriato; si veda la Fig. 4.7.

Fig. 4.7
Posizionamento diverso del cuscino



4.2.1 Misura della vibrazione corpo intero usando il 4447

Per eseguire la misura della vibrazione corpo intero:

1) Accendere lo strumento premendo per più di 3 secondi.
2) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Trasduttore** e poi *Triassiale* usando i tasti / . Confermare la selezione premendo .
3) Uscire dal **Setup** premendo .
4) Collegare il cuscino al 4447, si veda la sezione 3.4.1:
   – Se l'accelerometro scelto è già stato calibrato, accertarsi che sia stato attivato. Selezionare **Calibrazione**, **Seleziona trasd.** ed il trasduttore desiderato usando i tasti / . Confermare la selezione premendo .
   – Se occorresse calibrare l'accelerometro, seguire i punti descritti nella sezione 3.5.
5) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Ponderazione** e poi *Corpo intero* usando i tasti / . Confermare la selezione premendo .
6) Uscire dal **Setup** premendo .
7) Posizionamento del cuscino:
   a) Sistemare l'adattatore del cuscino sul sedile o sul pavimento dove deve essere rilevata la misura.
   b) Posizionare l'adattatore in modo che il trasduttore possa seguire le direzioni delle coordinate biodinamiche ('X' è da schiena a torace, 'Y' è da destra a sinistra e 'Z' è dal basso (piedi o natiche) all'alto (testa).
   c) Fissare l'adattatore con un nastro adesivo in posizione, in modo che sia sotto la tuberosità ischiale del bacino o sotto i piedi.
8) Chiedere alla persona da valutare di sedersi o di stare in piedi sull'adattatore.
9) Usando i tasti / , selezionare **Misura** dal menu **Principale** e premere per avviare la misura. Se, prima di iniziare la misura, si è modificata la ponderazione, occorreranno alcuni secondi al nuovo filtro per stabilizzarsi, altrimenti la misura avrà inizio immediatamente.
10) Mentre la misura corpo intero è in corso, si possono monitorare i parametri *RMS corr*, *MTVV*, *RMS Totale*, il valore *Picco*, *VDV Totale* e $VDV(8)_k$ per le direzioni X, Y e Z. Inoltre verrà visualizzato il *Valore totale di vibrazione* (*VTV*):
    - Nel primo display di misura (nessuna azione richiesta), *RMS corr.* e *MTVV* sono mostrati separatamente per gli assi X, Y e Z
    - Nel secondo display di misura (premere una volta per navigare in questo display) sono indicati il valore di accelerazione della vibrazione ponderata e mediata nel tempo (chiamato *RMS Totale*) e il valore *Picco* per le direzioni X, Y e Z. Inoltre, in basso allo schermo verrà indicato il *VTV* (*Valore totale della vibrazione*), che qui è la radice della somma dei quadrati dei valori *RMS Totale* per tutti e tre gli assi
    - Nel terzo display di misura (premere una volta ancora (due volte) per navigare in questo display), i parametri *VDV Totale* e $VDV(8)_k$ sono mostrati insieme al *VTV*, che in

questo display è la radice della somma dei quadrati dei valori *VDV Totale* per tutti e tre gli assi

Nota 1: dopo che i dati sono stati salvati e richiamati, verranno calcolati i valori di esposizione giornaliera alla vibrazione *A*(8), *A*(4) e *A*(1).

Nota 2: i dati richiamati delle misure corpo intero si distinguono da quelle mano-braccio nel segmento dove *A*(8), *A*(4) e *A*(1) sono calcolati. Nella valutazione delle misure corpo intero, la grandezza della vibrazione viene prima calcolata per ciascun asse separatamente, moltiplicando ogni valore RMS dell'asse per il fattore k corrispondente, si veda il Capitolo 2. Il valore massimo delle tre direzioni ortogonali viene usato per calcolare il parametro *A*(8). Al contrario, nella valutazione delle misure mano-braccio, *A*(8) viene calcolato in base al *Valore totale della vibrazione* (*VTV*).

11) Per arrestare la misura premere ✓ per alcuni secondi. Verrà richiesto di salvare o rifiutare i dati. Premere ✓ un'altra volta per salvare la misura, oppure premere ✕ per rifiutarla.

Per poter richiamare la misura, consultare la sezione 3.10.1. Si veda la sezione 5.3.5 per le informazioni sul trasferimento dati per l'archiviazione e la postelaborazione.

4.3 Misure del fattore SEAT

Le misure del fattore SEAT con il 4447 sono mirate per operazioni di laboratorio e valutazioni sul campo di trasmissione delle vibrazioni all'occupante, attraverso i sedili dei veicoli. Il risultato di una tale misura darà una valutazione generale sull'efficacia del sedile ad attenuare la vibrazione.

Il montaggio degli accelerometri sul sedile e sul pavimento del veicolo deve seguire le definizioni date dalla normativa ISO 10326-1. Un trasduttore sarà posizionato sulla piattaforma nella posizione di trasmissione della vibrazione al sedile. L'altro accelerometro dovrà essere montato in un cuscino di gomma e posizionato tra il corpo dell'occupante ed il sedile, sulla seduta, si veda la Fig. 4.8.

Nota: il 4447 è impostato per valutare il SEAT solo nella direzione verticale, vale a dire, che confronta la vibrazione verticale al pavimento con le vibrazioni lungo l'asse Z del cuscino.

Le misure del fattore SEAT appartengono alla categoria delle misure corpo intero, perciò nel 4447, viene applicata la ponderazione corpo intero (W_d per X e Y, e W_k per Z e l'ausiliare). Oltre che ai risultati delle misure del fattore SEAT, il 4447 salverà i dati provenienti dal cuscino. Questi dati potranno essere usati per valutare l'esposizione individuale alla vibrazione corpo intero.

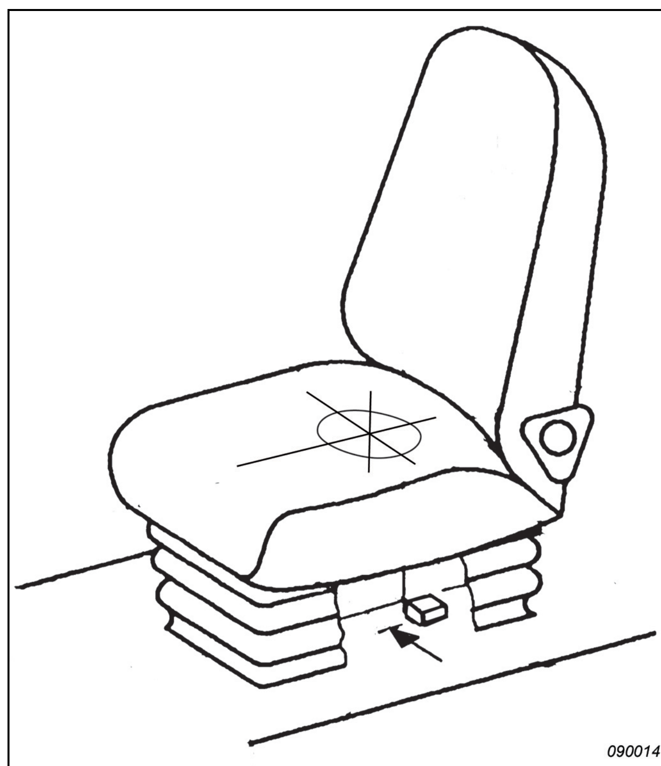


Fig.4.8
Posizione di montaggio del cuscino accelerometrico e dell'accelerometro ausiliare durante la misura del fattore SEAT

4.3.1 Misura del fattore SEAT usando il tipo 4447

Per misurare il fattore SEAT:

1) Accendere lo strumento premendo per almeno 3 secondi.
2) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup**, **Trasduttori** e poi *Asse 3+1* usando i tasti / . Confermare la selezione premendo .
3) Uscire dal **Setup** premendo .
4) Collegare il cuscino al 4447 attraverso la presa a quattro poli e l'accelerometro ad asse singolo attraverso la presa a due pin, si veda la sezione 3.4.1.
   - se gli accelerometri scelti sono già stati calibrati, accertarsi che siano stati attivati. Selezionare **Calibrazione**, **Seleziona trasduttore** e il trasduttore desiderato usando i tasti / . Confermare la selezione premendo
   - Se occorresse calibrare l'accelerometro, seguire i punti descritti nella sezione 3.5

5) Posizionare il cuscino accelerometrico e l'accelerometro ausiliare:
   a) Sistemare l'adattatore sul sedile, in modo che il trasduttore possa seguire le direzioni delle coordinate biodinamiche ('X' è da schiena a torace, 'Y' è da destra a sinistra e 'Z' è dal basso (piedi o natiche) all'alto (testa) e fissarlo con un nastro adesivo in posizione, in modo che stia sotto la tuberosità ischiale del bacino.
   b) Sistemare l'accelerometro ausiliare sul pavimento dove deve essere rilevata la misura.
6) Chiedere alla persona da valutare di sedersi sul cuscino.
7) Usando i tasti /, selezionare **Misura** dal menu **Principale** e premere per avviare la misura. Se, prima di iniziare la misura, si è modificata la ponderazione, occorreranno alcuni secondi al nuovo filtro per stabilizzarsi, altrimenti la misura avrà inizio immediatamente.
8) Mentre la misura del fattore SEAT è in corso, si possono monitorare i parametri *RMS corr*, *MTVV*, *RMS Totale*, il valore *Picco*, *VDV Totale* e $VDV(8)_k$ per le direzioni X, Y e Z del cuscino accelerometrico. I primi tre schermi visualizzano le informazioni provenienti dal cuscino. Il quarto display mostra *RMS Totale* e *VDV* per l'asse Z del cuscino, l'asse AUX ed i fattori SEAT che risultano.

   Nota: dopo che i dati sono stati salvati e richiamati, verranno calcolati i valori di esposizione giornaliera alla vibrazione *A*(8), *A*(4) e *A*(1).
9) Per arrestare la misura premere per alcuni secondi. Verrà richiesto di salvare o rifiutare i dati. Premere un'altra volta per salvare la misura, oppure premere per rifiutarla.

Per poter richiamare la misura, consultare la sezione 3.10.1. Si veda la sezione 5.3.5 per le informazioni sul trasferimento dati per l'archiviazione e la postelaborazione.

4.3.2 Montaggio degli accelerometri

Per il montaggio sul sedile, sistemare il cuscino sulla superficie della seduta e fissarlo in modo che l'accelerometro sia posizionato in mezzo tra le tuberosità ischiali dell'occupante. Si veda la sezione 4.2 su come montare il cuscino accelerometrico sul sedile.

Per il montaggio al pavimento, sistemare l'accelerometro in un cerchio di 200 mm di diametro, centrato direttamente sotto il trasduttore del cuscino, misurato perpendicolare al pavimento, si veda la Fig.4.8. L'accelerometro sarà fissato nel miglior modo su una parte rigida, usando colla, o un magnete o un nastro sottile bi-adesivo (la EN 14253–2004 consiglia una forza di almeno 1 kN).

4.4 Misure di registrazione

Le misure possono essere effettuate anche come una misura di registrazione, si veda la sezione 3.7. Anche le misure del fattore SEAT possono essere eseguite con la registrazione attivata. Tuttavia, solo le vibrazioni percepite con il cuscino accelerometrico verranno registrate, mentre non lo potranno essere quelle provenienti dal canale AUX; vale a dire le misure SEAT non possono essere registrate.

I dati di registrazione (*RMS*, *VDV*, *MTVV* e *Picco*) saranno rilevati con 1 s d'intervallo ed eseguiti in aggiunta alla misura normale. Ciò significa che quando la registrazione è stata attivata, il 4447 creerà due file: uno con la misura totale e l'altra coni dati di registrazione. Per eseguire una misura di registrazione:

1) Impostare il 4447 per la misura seguendo le procedure descritte rispettivamente nella sezione 4.1, sezione 4.2 o sezione 4.3, ma attendere prima di iniziare la misura.
2) Dal menu **Principale**, selezionare **Setup** poi **Registrazione**, per entrare nella finestra di regolazione della registrazione. Notare il tempo disponibile di registrazione in ore e minuti indicato in basso al display, ed accertarsi, prima di avviare la misura, che ci sia capacità sufficiente per eseguire la procedura.
3) Usando i tasti / , selezionare *Attiva*. Confermare la selezione premendo .
4) Uscire la menu **Principale** premendo .
5) Dal menu **Principale**, selezionare **Misura** e premere per iniziare la misura.

Nota 1: durante la registrazione, un cerchio rosso sarà indicato nell'angolo sinistro in alto. Se il 4447 esaurisse la memoria, lo strumento arresterà la misura.

Nota 2: durante una registrazione non sarà possibile azzerare e riavviare la misura. Sarà solo possibile arrestare la misura e avviarla di nuovo dall'inizio.

Capitolo 5

La postelaborazione con il software Vibration Explorer

Il software Vibration Explorer BZ-5623, in dotazione con il tipo 4447, consente di trasferire i risultati ad un PC per la manipolazione successiva dei dati.

5.1 Requisiti del sistema

I requisisti del sistema per il software Vibration Explorer, BZ-5623, sono i seguenti:

- PC raccomandato:
  - processore Pentium® III (o simile)
  - 256 MB RAM
  - display/adattatore grafico SVGA
  - drive CD ROM
  - mouse
  - USB 2.0
- Sistema operativo:
  - Windows® XP (preferibilmente con il Service Pack più recente)
  - Internet Explorer 5 o superiore

Nota: il PC dovrebbe avere almeno una delle porte USB 2.0 disponibile. Se usato attraverso un hub USB, è probabile un errore di aumento di potenza. Il 4447 dovrebbe essere collegato direttamente alla porta USB 2.0 del PC.

5.2 Installazione di Vibration Explorer

Nel CD in dotazione sono inclusi:

- il software Vibration Explorer per il 4447 (software per PC)
- il software strumentale per il 4447 (driver e firmware)
- una guida pratica sulla vibrazione mano-braccio

- una guida pratica sulla vibrazione corpo intero

5.2.1 Installazione del software Vibration Explorer

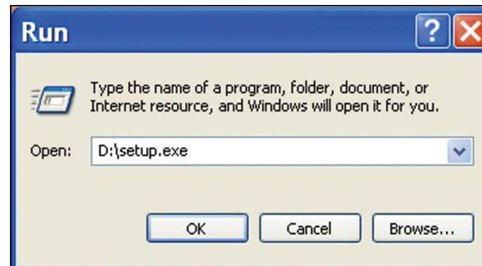
Nota: per installare/disinstallare, occorre essere registrati nel PC come Amministratore (administator).

1) Se nel PC è installata una versione precedente di Vibration Explorer:
   a) premere **Start, Contro Panel** (Pannello di controllo) e poi **Add/Remove** (Aggiungi/Rimuovi) **Program** (programma)
   b) seleziona '4447 Vibration Explorer' dall'elenco e cliccare su **Remove** (Rimuovi).

2) Inserire il CD nel drive CD-ROM e l'installazione inizierà automaticamente.

   Se non si avvia in automatico:
   a) cliccare **Start** e poi **Execute** (Esegui**)**. Sullo schermo apparirà la finestra della Fig. 5.1
   b) cliccare **Browse**... e selezionare il drive in cui caricare il CD d'installazione
   c) dall'elenco dei file, selezionare *Setup.exe* e cliccare **OK** per eseguire il file.

Fig. 5.1
Finestra di esecuzione



3) L'installazione prosegue con le richieste di conferma nei diversi momenti della fase d'installazione.

   Nota: nonostante la maggior parte delle visualizzazioni mostrate in questo manuale siano da Windows® Vista, le finestre che si presenteranno saranno simili a anche negli altri sistemi operativi (Windows® XP, Windows Vista e Windows® 2000). Le differenze saranno principalmente nella grafica e, nel caso siano rilevanti nella fase d'installazione, ciò verrà specificato e spiegato.

4) Installando il Vibration Explorer per la prima volta, viene richiesto d'installare Windows® Installer 3.1. In questo caso, apparirà la finestra della Fig. 5.2.

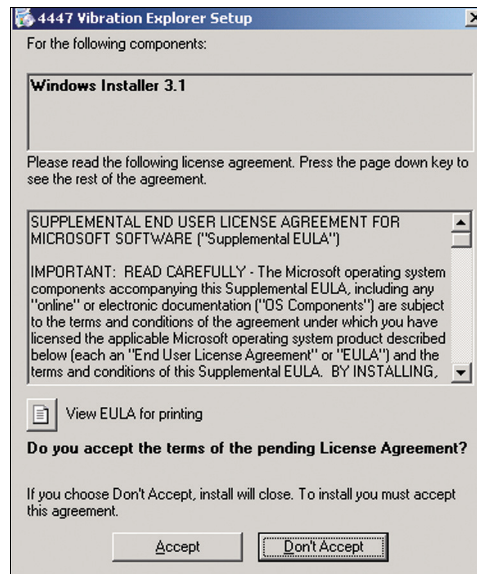


Fig. 5.2
Finestra di accordo di licenza con l'utente finale

Nota: Windows® Installer 3.1 è il programma richiesto da Microsoft® e non è in relazione con Vibration Explorer. L'installazione avviene solo una volta ed i termini di accordo di licenza devono essere accettati per poter proseguire.

a) cliccare **Accept**

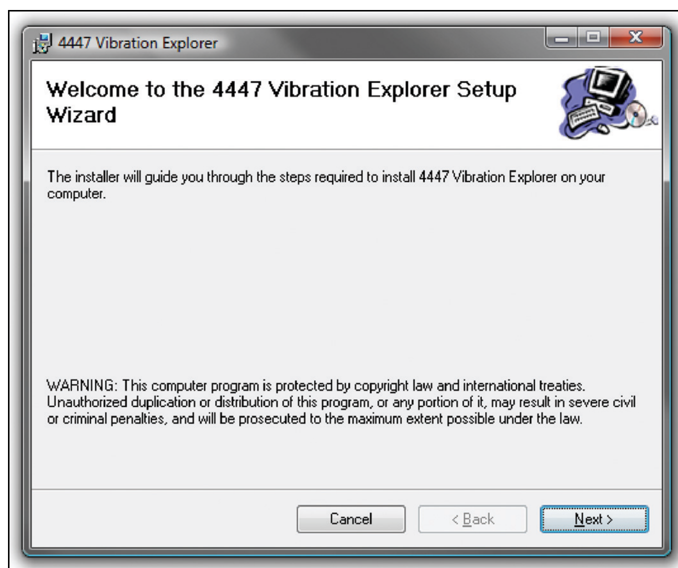
b) una volta installato il programma, occorre riavviare il computer

c) dopo l'inizializzazione, ripetere i punti da 2a) a 2c).

Per ulteriori informazioni su Windows® Installer 3.1, visitare il sito www.microsoft.com.

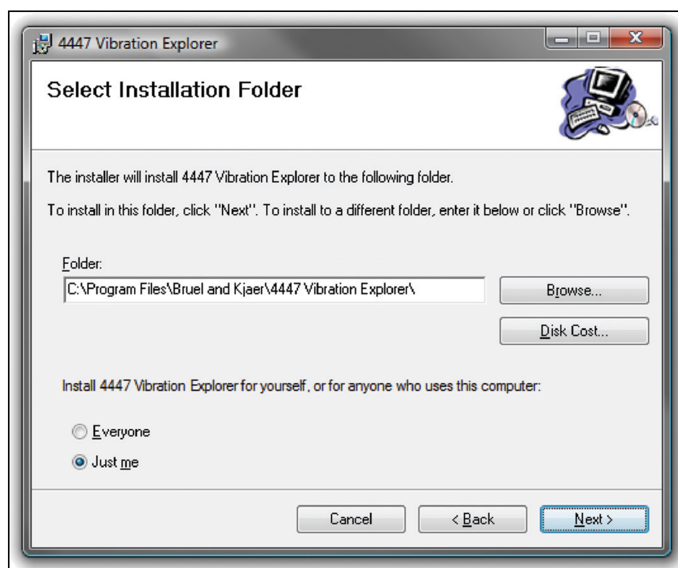
5) La procedura guidata per l'installazione verrà avviata (si veda la Fig. 5.3).

Fig. 5.3
Procedura guidata di Vibration Explorer



6) Selezionare la destinazione d'installazione del software Vibration Explorer nel PC. La destinazione default suggerita è quella mostrata nella Fig. 5.4.

Fig. 5.4
Selezione della destinazione nel PC

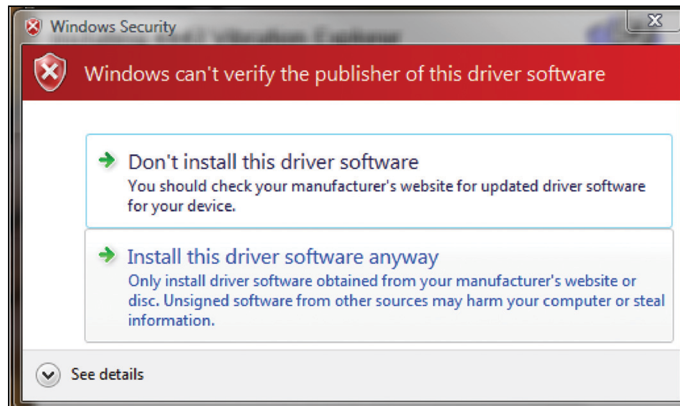


7) Cliccare **Next,** una volta fatta la selezione e di nuovo **Next**, per confermarla.
   Vibration Explorer viene avviato all'installazione.

8) Se sullo schermo appare un'avvertenza che riguarda il rilevamento di un driver sconosciuto (si veda l'esempio nella Fig. 5.5), cliccare *Install this driver software anyway*,

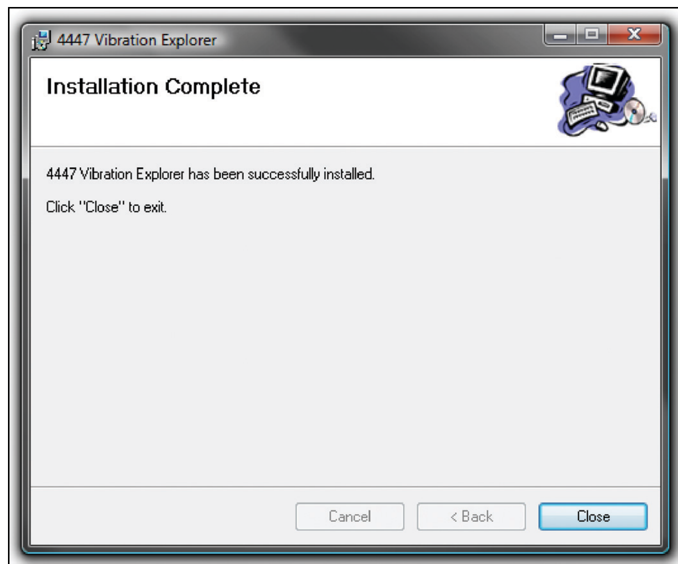
poiché il software Vibration Explorer è affidabile ed il suo driver proviene da una sorgente conosciuta.

Fig. 5.5
Possibile avvertenza di intrusione del driver



9) Cliccare **Close** per completare l'installazione di Vibration Explorer (si veda la Fig. 5.6).

Fig. 5.6
Chiusura della procedura guidata



Il computer è pronto per installare il driver e per essere collegato al 4447.

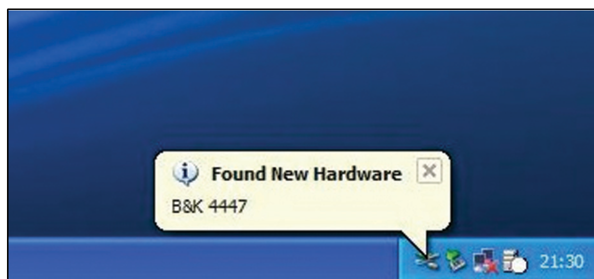
5.2.2 Installazione del driver del 4447

Una volta installato il software BZ-5623 (Vibration Explorer per 4447) si deve stabilire la comunicazione tra il PC e l'analizzatore.

Per installare il driver del 4447 sul PC:

1) Accendere l'analizzatore premendo [✓] per almeno 3 secondi, poi collegare il cavo in dotazione, AO-1476, al connettore mini-USB posizionato di lato allo strumento e alla presa USB del PC. Dopo qualche istante, il computer rileverà un 'nuovo dispositivo' (si veda Fig. 5.7).

Fig. 5.7
Esempio di rilevamento del nuovo dispositivo

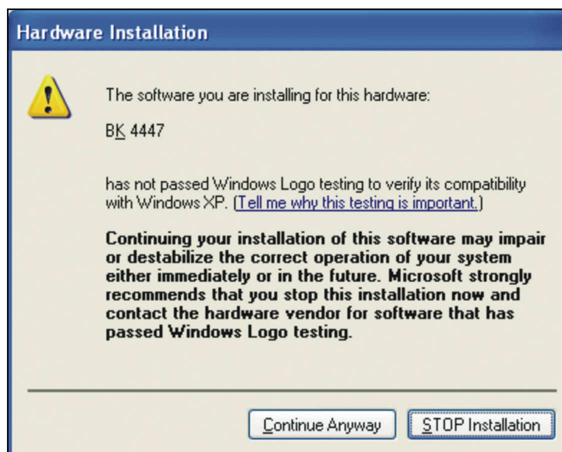


2) A seconda del sistema operativo, il driver potrebbe essere automaticamente rilevato (Windows® XP e Windows® Vista) oppure occorrerà installarlo manualmente (Windows® 2000).

   Windows® XP e Windows® Vista:

   a) Nella pagina di benvenuto della procedura guidata 'Found New Hardware', si ha l'opzione per usare la funzione di aggiornamento Windows®, per rilevare il software aggiornato. Selezionare *No, not this time* e cliccare **Next**.
   b) Se il CD d'installazione non è già stato caricato, inserirlo nel drive CD-ROM e selezionare *Install the software automatically (Recommended)*, poi cliccare **Next**. La finestra successiva selezionerà e copierà il driver adeguato.
   c) Ignorare la possibile avvertenza (si veda la Fig. 5.8) che indica che il driver non ha passato la verifica Windows® Logo. Selezionare **Continue Anyway**.

Fig. 5.8
Esempio di avvertenza. Può essere ignorata

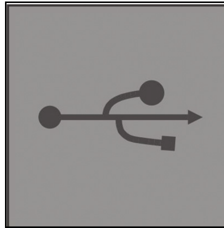


   d) Nell'ultima finestra della procedura guidata, cliccare **Finish**. Il driver del 4447 è

ora installato completamente e l'analizzatore è pronto per connettersi con il PC.

e) Una volta stabilita la comunicazione tra l'analizzatore e il computer, il display del 4447 mostrerà un'icona USB (si veda la Fig. 5.9), indicando il collegamento in corso tra i due strumenti. Nessun comando proveniente dai pulsanti del 4447 potrà essere accettato. Dopo aver scollegato l'analizzatore dal PC, i pulsanti diventeranno di nuovo attivi e il display ritornerà al menu **Principale**.

Fig. 5.9
Display del 4447 mentre è collegato al PC



Windows® 2000:

a) La finestra della procedura guidata 'Found New Hardware' si avvia e verrà richiesto di scegliere il percorso dove il file *dwusb.sys* verrà collocato.
b) Cliccare **Browse** e trovare il file del driver in *C:\Program Files\BRUEL AND KJAER\4447 Vibration Explorer\HBVDrv* (collocazione predefinita).
c) Eseguire il file *dwusb.sys* e seguire la procedura guidata.
d) Nell'ultima finestra della procedura guidata, cliccare **Finish**. Il driver del 4447 è ora installato completamente e l'analizzatore è pronto per connettersi con il PC.
e) Una volta stabilita la comunicazione tra l'analizzatore e il computer, il display del 4447 mostrerà un'icona USB (si veda la Fig. 5.9), indicando il collegamento in corso tra i due strumenti. Nessun comando proveniente dai pulsanti del 4447 potrà essere accettato. Dopo aver scollegato l'analizzatore dal PC, i pulsanti diventeranno di nuovo attivi e il display ritornerà al menu **Principale.**

Installato il software, il 4447 non apparirà più sul computer come una memoria di massa o altro dispositivo USB, perciò, prima di scollegare l'analizzatore non è necessario informare Windows® di voler rimuove il dispositivo. Attendere alcuni secondi, prima di collegare o scollegare lo strumento, per lasciare al sistema il tempo di stabilizzarsi.

Nota: se collegato ad un PC, l'analizzatore non è in grado di eseguire misure. Occorrerà disconnetterlo per poter riattivare la funzione.

A questo punto l'analizzatore può essere usato insieme al software Vibration Explorer.

5.3 Funzionamento del software Vibration Explorer

5.3.1 Il concetto di progetto del software Vibration Explorer

Il programma Vibration Explorer funziona in progetti che consistono in due parti principali:

1) Una **raccolta di dati non elaborati della misura** direttamente importati dal 4447 o presi da file di progetto già esistenti. I dati non elaborati possono essere misure totali o dati di registrazione. Le misure totali contengono solo una serie di dati per asse per un intero tempo trascorso. Invece i dati registrazione forniscono una cronologia dell'evento di vibrazione misurato in intervalli di 1 s. Per ogni secondo i parametri RMS, VDV, MTVV e il valore Picco vengono memorizzati per ogni asse.
2) Un **modello per l'esposizione giornaliera alla vibrazione dei lavoratori**. In questa parte del progetto si possono combinare i dati di misura e si assegnano i tempi dell'esposizione, sulla base dei quali Vibration Explorer determinerà l'esposizione giornaliera e indicherà se questa supera i valori d'azione o limite stabiliti dalla legislazione.

Oltre ai dati di vibrazione si possono aggiungere altre informazioni come annotazioni, immagini dei lavoratori, definizioni dell'organizzazione, attrezzi o macchinari. Tutto verrà memorizzato nel file di progetto.

Nota: le foto inserite nelle Proprietà saranno salvate con il file di progetto, ciò significa che se in seguito si cancella l'immagine sul disco, sarà sempre disponibile nel progetto.

Un concetto importante del calcolo dell'esposizione in Vibration Explorer è la possibilità di poter focalizzarsi su una persona e sulla sua giornata lavorativa, invece che sulla 'normativa'. Le normative sono scritte per le vibrazioni mano-braccio e corpo intero, cioè la normativa divide il problema, mentre il lavoro giornaliero non è così separato.

Ad esempio, il manovrare un carrello a forca può esporre l'operatore a vibrazioni mano-braccio e corpo intero. Per ottenere un quadro completo, si vorrà misurare le vibrazioni al volante, ai piedi e alla seduta, come pure il fattore di trasmissibilità effettivo al sedile (SEAT) per il veicolo ed il lavoratore specifico. Con il 4447 si possono eseguire tutte queste misure ed importare i dati in uno stesso progetto, creare un nodo per il lavoratore (Persona) e trascinare tutti questi dati che lo riguardano nelle cartelle. Calcolando l'esposizione e combinando il funzionamento del carrello a forca con altri processi, Vibration Explorer indica quali dati aggiungere all'esposizione mano-braccio o corpo intero di quel particolare lavoratore. Le misure SEAT non contribuiscono direttamente al calcolo dell'esposizione, ma, poiché ogni misura SEAT registra anche i dati sull'esposizione (provenienti dal cuscino), si può usare questa porzione di dati, tenendola insieme a quel particolare individuo.

Nota: il 4447 offre anche tutti i filtri di ponderazione solo in forma di limitatori di banda (si veda il Capitolo 3). Questi filtri hanno rispettivamente le stesse frequenze di taglio delle ponderazioni corpo intero, mano-braccio e vibrazione edilizia. Tuttavia, nel passa banda, non viene applicata altra ponderazione, cioè nel passa banda i filtri hanno una risposta piatta. Le misure a banda larga di questo tipo sono date come vantaggio. Vibration Explorer consentirà di usare, per i calcoli dell'esposizione, i dati a banda limitata, ma ricorderà anche che i filtri differiscono dai tipi delle normative e i data dell'interfaccia utente delle misure di banda limitata saranno chiaramente evidenziate in giallo.

5.3.2 Avvio di Vibration Explorer

Per avviare il Vibration Explorer:

- Cliccare due volte l'icona Vibration Explorer sul desktop
- Dal menu **Start** selezionare **Programs, Brüel & Kjær Applications, 4447 Vibration Explorer,** e **4447 Vibration Explorer X.X** (dove 'X' è il numero di versione installata)

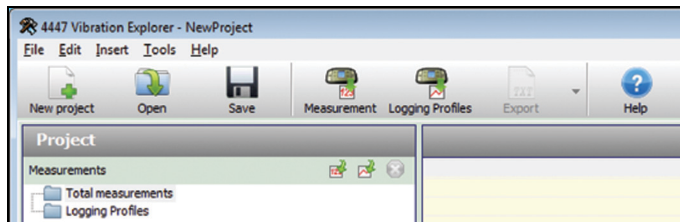
Il programma Vibration Explorer apre e crea un nuovo progetto come una cartella vuota, ed è pronto per ricevere i dati provenienti dal 4447. Se si avvia il programma, senza che l'analizzatore sia collegato, i tasti ed i comandi dei menu, che danno l'avvio al trasferimento dei dati dal 4447 o le azioni di gestioni, sono disattivati, si veda la Fig. 5.10.

Fig. 5.10
Interfaccia (italiano) di Vibration Explorer per 4447 con l'analizzatore non ancora collegato



Se il 4447 è collegato, i tasti ed i menu saranno attivi, si veda la Fig. 5.11. Ciò indica che il collegamento al 4447 è stato stabilito e si può iniziare a trasferire i dati dall'analizzatore, ad aggiornare il firmware o a modificare regolazioni come la data e l'ora.

Fig. 5.11
Vibration Explorer (inglese) con i tasti attivati



5.3.3 Interfaccia di Vibration Explorer

La Fig. 5.12 raffigura l'interfaccia di Vibration Explorer con i dati nei gruppi di misura e nei loro progetti.

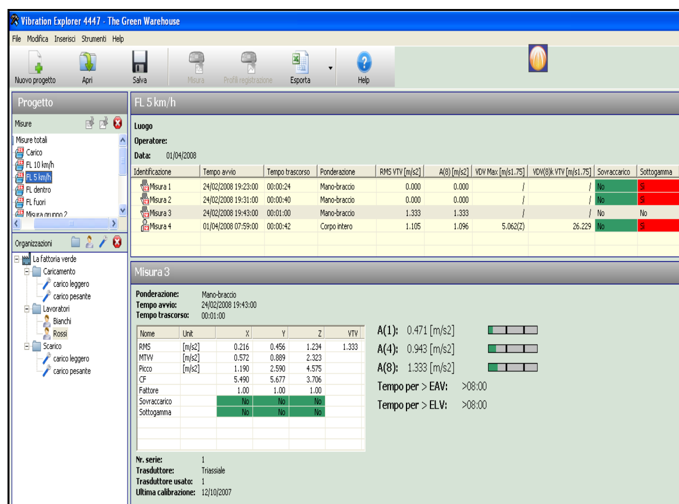


Fig. 5.12
Vibration Explorer con un progetto aperto

L'interfaccia di applicazione è divisa in due sezioni principali:

1) **La sezione Progetto:** sulla sinistra una visualizzazione ordinata gerarchicamente e ad albero rappresenta i dati del progetto che possono essere organizzati in un progetto e nel modello organizzativo.

2) **L'area di lavoro:** la parte restante della finestra, sulla destra, è dove sono visualizzati i dati contenuti nel progetto e dove possono essere modificati.

Nel **Progetto**, ci sono altre due sotto-sezioni (detti quadranti)):

- **Misure,** nel quadrante superiore sinistro, dove sono elencati i gruppi di misure ed i profili di registrazione importati dal 4447. Cliccando sul gruppo *Misure totali* o *Profili di registrazione*, verrà riportato il suo contenuto nell'area di lavoro (nel quadrante destro in alto)
- **Organizzazioni,** nel quadrante inferiore sinistro, è dove si organizzano i dati per determinare l'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni mano-braccio e corpo intero. I dati possono essere strutturati aggiungendo in questa area *Cartelle*, *Persone* e *Postazione di lavoro*. Una volta definite la *Cartella*, *Persona* o *Postazione lavoro*, le misure possono essere trascinate ed incluse in questa parte. Inoltre, le *Postazioni di lavoro*, che forniscono il mezzo per calcolare la media su un certo numero di misure, possono essere trascinate nella *Persona*, cioè, diventano parte dell'elenco delle esposizioni. Cliccando sull'icona di una *Persona* o di una *Postazione di lavoro* il suo contenuto verrà indicato nell'area di lavoro (quadrante destro in alto)

L' **Area di lavoro** è divisa in due parti, come segue:

1) Nel quadrante superiore è presente una tabella che contiene la selezione corrente del progetto o dell'organizzazione, si veda la Fig. 5.12.

2) Nel quadrante inferiore sono visualizzate nel dettaglio le informazioni della voce selezionata nel quadrante superiore. Per le misure totali, viene visualizzata una tabella che fornisce le informazioni di ciascun asse, si veda la Fig. 5.13. Nel caso di misure di

registrazione, viene aggiunto un altro tasto tabulatore, dove si può esaminare il profilo, si veda la Fig. 5.14. Infine una volta aggiunta una misura ad una persona, verrà inserito un altro tasto tabulatore, dove si potrà impostare il tempo di esposizione, si veda la Fig. 5.15.

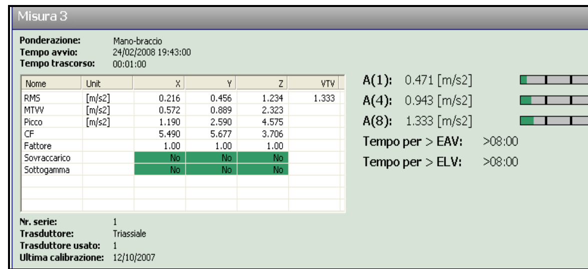


Fig. 5.13
Informazioni sulla misura

L'esposizione visualizzata è calcolata in base ai dati RMS e VDV misurati, assumendo un'esposizione di 8 ore. Le scale di colore a destra, forniscono un'indicazione visiva veloce della grandezza dell'esposizione ed il rischio di vibrazione.* Si basano su $A(1)$, $A(4)$, $A(8)$ e $VDV(8)_k$. Definito il tempo di esposizione (persona), si basano su $A(8)$, P_E e VDV per quel tempo.

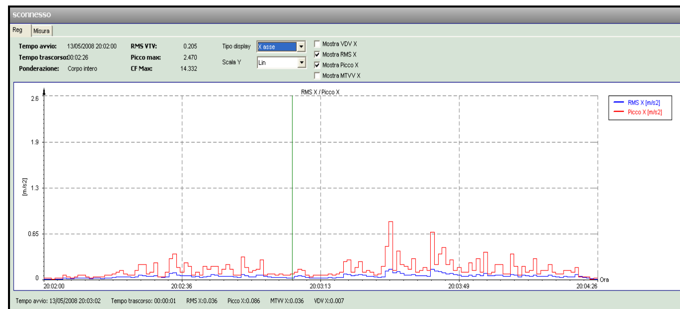


Fig. 5.14
Tasto tabulatore del profilo di registrazione – usarlo per visualizzare i dati di registrazione e le sezioni estratte

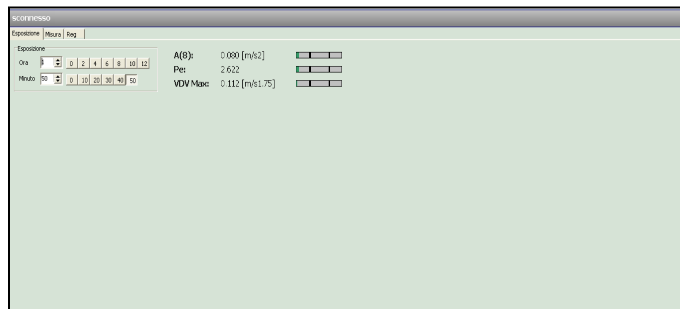


Fig. 5.15
Tasto tabulatore dell'esposizione – presente solo se si sta guardando ad una misura inserita in una Persona

* Per ulteriori informazioni, si veda la sezione 5.3.7.

5.3.4 Creazione, apertura e salvataggio di progetti

Crea un Nuovo progetto

Come già citato nella sezione 5.3.2, ogni volta che si avvia Vibration Explorer, viene creato automaticamente un nuovo progetto, in modo che i dati provenienti dal 4447 possono essere importati immediatamente.

Tuttavia, è possibile creare un nuovo progetto in ogni momento, selezionando **File, Nuovo progetto** o cliccando il tasto **Nuovo progetto** sulla barra degli strumenti (si veda la Fig. 5.16).



Fig. 5.16
Barra degli strumenti e menu dei file

Apri progetto

Aprire i progetti esistenti, selezionando **File** e **Apri progetto** o cliccando il tasto **Apri** sulla barra degli strumenti. Vibration Explorer visualizzerà la finestra di dialogo Apri. Usare questa finestra per trovare il progetto, selezionarlo e cliccare **OK**.

Poiché si può aprire solo un progetto alla volta, il creare un nuovo progetto o aprirne uno già esistente, chiuderà quello corrente. Se il progetto corrente ha dati o modifiche non salvate, il software richiederà di salvarlo o meno prima di chiuderlo, prima di aprirne uno nuovo.

Salva progetto

Il progetto può essere salvato, selezionando **File** e **Salva progetto, File** e **Salva progetto come …** o cliccando il tasto **Salva** sulla barra degli strumenti. La prima volta che si salva un progetto ed ogni volta che si sceglie **Salva progetto come …** si aprirà una finestra che chiederà di specificare il nome del file e di scegliere la locazione.

Chiudi progetto

Per chiudere il progetto senza uscire da Vibration Explorer, selezionare **File** e **Chiudi progetto**. Se si prova a chiudere un progetto senza prima salvarlo, Vibration Explorer vi chiederà di farlo.

5.3.5 Importazione e gestione dei dati

Dal momento che un progetto è aperto, sarà possibile importare i dati. I dati di misura vengono importati direttamente dal 4447 o da altro progetto esistente nel disco fisso.

Nota: nell'eseguire le misure di registrazione con il 4447, saranno creati due file: uno che contiene il risultato totale della misura e l'altro che contiene il profilo di registrazione. Una volta salvata la misura sul 4447, questi due file esistono indipendentemente l'uno dall'altro, perciò, importandone uno – la misura totale o i dati di registrazione – non importerà automaticamente l'altro. Dopo aver trasferito entrambi, si potrà identificare quale misura appartiene al profilo di registrazione guardando al tempo di avvio della misura (e la data).

Importazione delle misure totali dal 4447

Per importare le misure totali dal 4447, ci sono quattro modalità:

1) Cliccare sulla barra degli strumenti.
2) Cliccare il tasto piccolo nella sezione **Progetto**.
3) Dal menu **Principale**, selezionare **Inserisci** e *Nuovo gruppo misura da strumento.*
4) Cliccare con il destro del mouse sul nodo **Misure totali** nella cartella delle misure del Progetto e scegliere *Nuovo gruppo misura da strumento.*

Ciascuno di queste modalità importerà tutte le misure presenti nel 4447 e le posizionerà in un nuovo gruppo di misura nella cartella 'Misure totali'. Vibration Explorer assegnerà un nome predefinito al nuovo gruppo, che potrà essere modificato in qualsiasi momento, cliccando con il destro del mouse e selezionando *Rinomina*.

Importazione dei profili di registrazione dal 4447

Per importare i dati registrati dal 4447, ci sono quattro modalità:

1) Cliccare sulla barra degli strumenti.
2) Cliccare il tasto piccolo nella sezione **Progetto**.
3) Dal menu **Principale**, selezionare **Inserisci** e *Nuovo gruppo reg da strumento*.
4) Cliccare con il destro del mouse sul nodo **Profili di registrazione** nella cartella delle misure del Progetto e scegliere *Nuovo gruppo reg da strumento*.

Ciò importerà tutti profili di registrazione memorizzati nel 4447 e li posizionerà in un nuovo gruppo di registrazione nella cartella 'Profili di registrazione'. Vibration Explorer assegnerà un nome predefinito al nuovo gruppo, che potrà essere modificato in qualsiasi momento, cliccando con il destro del mouse e selezionando *Rinomina*.

Importazione dati da un file di un altro progetto

Le misure e i dati di registrazione possono essere importati da file di progetti già esistenti nel computer:

- Dal menu **Principale**, selezionare **Inserisci** e poi *Importa gruppo(i) misura da file*, o
- Cliccare con il destro del mouse sul nodo **Misure totali** nella cartella delle misure del Progetto e scegliere *Importa gruppo(i) misura da file*

e per i dati di registrazione:

- Dal menu **Principale**, selezionare **Inserisci** e poi *Importa gruppo(i) reg da file*, o
- Cliccare con il destro del mouse sul nodo **Profili di registrazione** nella cartella delle misure del Progetto e scegliere *Importa gruppo(i) reg da file*

Una finestra di dialogo richiederà che si scelga la sorgente dove sono presenti i dati da importare e si selezioni il file. Una volta selezionato un file e cliccato **OK**, tutti i gruppi di misura e di registrazione saranno importati nel progetto corrente. Verranno conservati i nomi (o nome) del gruppo, ma come per i nuovi gruppi di misura o registrazione, potranno essere rinominati.

Proprietà del gruppo

Per visualizzare e modificare le informazioni generali di un gruppo di una misura totale o di un profilo di registrazione:

1) Nella struttura di progetto, cliccare con il destro del mouse sull'icona del gruppo o nome.
2) Dal menu successivo, selezionare *Proprietà*.
3) Appare una finestra di dialogo, si veda la Fig. 5.17. La maggior parte dei campi possono essere modificati.
   - **Nome** del gruppo di misura – usato anche come etichetta del gruppo (cioè cambia quando si rinomina il gruppo)
   - **Posizione** dove le misure sono state effettuate
   - **Operatore** della macchina o veicolo durante la misura
   - **Data** da essere associata a questo gruppo. La data predefinita è quella data quando il gruppo è stato creato, non la data della misura, poiché le misure dello stesso gruppo possono avere date diverse.
   - **Descrizione** delle misure

   Nota: il campo *Nr. serie* è protetto.
4) Premere **Salva** per mantenere le modifiche fatte in questa finestra o **Annulla**, per rifiutarle.

Gruppo misura

Gruppo misura

Nome: Misura gruppo 2
Luogo: Piazzale
Operatore: Rossi
Data: 01.04.2008
Nr. serie: 1
Descrizione: Le misure sono state eseguite...

Salva | Annulla

Fig. 5.17
Finestra delle proprietà

Rimuovere i dati dal 4447

Dopo aver importato le misure e i profili di registrazione dal 4447, i dati saranno ancora presenti nello strumento, Occorrerà pertanto cancellarli in modo esplicito.

Nota: le misure e i profili di registrazione possono essere rimossi direttamente dal 4447 solo nel complesso e non individualmente. Solo usando il software del Pc si potrà cancellare quelli selezionati.

Per rimuovere le misure totali dallo strumento e perciò liberare la memoria scegliere:

- Dal menu **Principale**, scegliere **Strumenti** e poi *Cancella tutte le misure dallo strumento* oppure
- Cliccare con il destro del mouse sul nodo **Misure totali** nella cartella delle misure del Progetto e scegliere *Cancella tutte le misure dallo strumento*

Una finestra richiederà di confermare l'azione.

Per rimuovere tutti i profili di registrazione dal 4447, selezionare:

- Dal menu **Principale**, scegliere **Strumenti** e poi *Cancella tutte le reg dallo strumento* oppure
- Cliccare con il destro del mouse sul nodo **Profili di registrazione** nella cartella delle misure del Progetto e scegliere *Cancella tutte le reg dallo strumento*

Una finestra chiederà di confermare l'azione.

Rimuovi il gruppo di misura o di registrazione da un progetto

Per cancellare un gruppo di misura o di registrazione dal progetto, selezionarlo nella sezione e:

- Premere **il tasto Cancella** , o
- Dal menu **Principale** scegliere **Modifica** e poi selezionare *Cancella*, o
- Cliccare con il destro del mouse sull'icona del gruppo e dall'elenco, selezionare *Cancella*

Una finestra chiederà di confermare l'azione.

5.3.6 Gestione dei dati nei gruppi di misura e di registrazione

Ogni gruppo della *Misura totale* e/o del *Profilo di registrazione* contiene rispettivamente una o diverse misure o profili di registrazione. Per espandere i gruppi in un elenco completo, selezionarli nella struttura di progetto. Il loro contenuto viene quindi mostrato in una tabella nel quadrante superiore dell'area di lavoro (si veda la Fig. 5.18). La barra dell'intestazione del quadrante si riferisce al nome del gruppo selezionato, che può essere sia di una misura totale o di un profilo di registrazione.

Fig. 5.18
Tabella con i dati contenuti in un gruppo

Ogni riga rappresenta una misura totale o di registrazione. Le misure eseguite con filtri limitatori di banda saranno evidenziate in giallo:

- **Identificazione:** sono mostrati un'icona e un nome. L'icona indica il tipo della misura:
  - Misura totale di vibrazione corpo intero
  - Misura totale di vibrazione mano-braccio
  - Misure SEAT
  - Misura totale di vibrazione edilizia (comfort)
  - Misura registrata della vibrazione corpo intero
  - Misura registrata della vibrazione mano-braccio
  - Misura registrata della vibrazione edilizia

  L'ID può essere usato per assegnare un nome unico ad ogni misura, ad esempio, il nome ed il tipo di una macchina. Quando Vibration Explorer riceve i dati dal 4447, assegna un nome predefinito come *Misura#* o *Profilo di registrazione#* (# è un numero indicativo) ad ogni gruppo. Il nome predefinito può essere modificato cliccando sul

nome (oppure ovunque nella riga della voce) e digitando un nuovo nome, oppure cliccando e selezionando la modifica dall'elenco

- **Tempo avvio:** indica la data e l'ora di avvio della misura ed il tempo totale trascorso
- **Ponderazione:** indica quale filtro di ponderazione è stato usato per la misura. Questo può essere *Corpo intero* (per misure copro intero e SEAT), *Mano-braccio*, *Edilizia* o la versione *Limite banda* di questi filtri. Nel caso di misure SEAT, *(3+1)* viene aggiunto al tipo di ponderazione
- Questo è seguito da un numero di colonne contenenti i parametri più importanti di ciascuna misura:
  - *VTV RMS*
  - *A(1)*
  - *A(4)*
  - *A(8)*
  - *CF Max*
  - *Picco Max*
  - *MTVV Max*
  - *VDV Max*
  - *VTV* $VDV(8)_k$
  - *SEAT RMS*
  - *SEAT VDV*
  - *Sovraccarico*
  - *Sottogamma*

  Per una definizione dei vari termini, riferirsi al Glossario.

Nota: la tabella è modificabile secondo esigenze, con l'eccezione della colonna *Identificazione*. Ogni colonna può essere attivata o disattivata, cliccando con il destro sull'intestazione della colonna ottenendo un elenco di opzioni. Per visualizzare una colonna, controllare la voce corrispondente nell'elenco. Per nascondere la colonna, diselezionare la voce, si veda la Fig. 5.19.

Fig. 5.19
Organizzazione della tabella secondo esigenze specifiche

Poiché un gruppo contiene sempre tutte le misure che erano presenti nel 4447, prima del trasferimento dei dati, nello stesso gruppo potrebbero comparire anche tipi di diversi di misura. Perciò non tutte le colonne si applicheranno ad ogni misura del gruppo. Se un certo parametro non è disponibile per un particolare tipo di misura, sarà indicato come '/'.

Per rimuovere una misura dal suo gruppo, selezionare la misura o il profilo di registrazione nella tabella e:

- Dal menu **Principale**, selezionare **Modifica** poi *Cancella*, oppure
- Cliccare con il destro del mouse sulla riga della tabella e dall'elenco, selezionare *Cancella*

Dettagli delle misure

Per visualizzare la serie completa dei dati misurati di una particolare misura, selezionare la riga corrispondente della tabella. Il quadrante in basso verrà aggiornato, mostrando le informazioni complete della voce selezionata (si veda la Fig. 5.20).

Fig. 5.20
Dettagli della misura

Per le misure totali, la tabella visualizzata rivela i parametri misurati e lo stato di ogni asse. Inoltre vengono indicate le informazioni riguardante lo strumento e l'/gli accelerometro/i usato/i. Infine, a destra della tabella, vengono riportati i seguenti valori:

- Una serie di *valori di esposizione giornaliera A(1), A(4)* e *A(8)*: questi si basano sull'ipotesi di un'esposizione di 1, 4 e 8 ore
- *Tempo per (arrivare a) EAV* (valore dell'azione di esposizione) e *Tempo per (arrivare a) ELV* (valore limite di esposizione): questi valori danno il tempo che occorre ad un attrezzo, macchinario o veicolo di arrivare al valore d'azione o limite.
- *SEAT RMS* e *SEAT VDV*: nel caso di misure SEAT verranno visualizzati i fattori SEAT basati sui valori RMS e VDV

Nota: la tabella e le informazioni visualizzate variano a seconda del tipo della misura, vale a dire se i dati rappresentano un singolo o multipli assi, una misura corpo intero, mano-braccio o SEAT.

I *valori di esposizione giornaliera* e i *tempi per EAV* e *ELV* daranno una valutazione veloce del rischio di utilizzo dell'attrezzo, macchinario o veicolo. Inoltre, una scala di colori data per visualizzare *A(1)*, *A(4)* e *A(8)* faciliterà ancora di più la stima riguardante la severità del rischio di vibrazione emesso da un attrezzo (si veda l'angolo superiore destro della Fig. 5.20). La scala è divisa in tre sezioni, ogni sezione ha un colore associato:

- Verde: la sezione a sinistra della scala diventa verde. Se il verde è il solo colore visibile, il valore di esposizione giornaliera alla vibrazione calcolato è inferiore al valore d'azione.
- Giallo: la sezione centrale della scala diventa gialla. Se il verde e giallo sono i soli colori visibili, l'esposizione alla vibrazione è tra il valore d'azione e quello limite.
- Rosso: la sezione a destra della scala diventa rossa. Se questa sezione contiene il rosso, l'esposizione alla vibrazione supera il valore limite.

Dettagli del profilo di registrazione

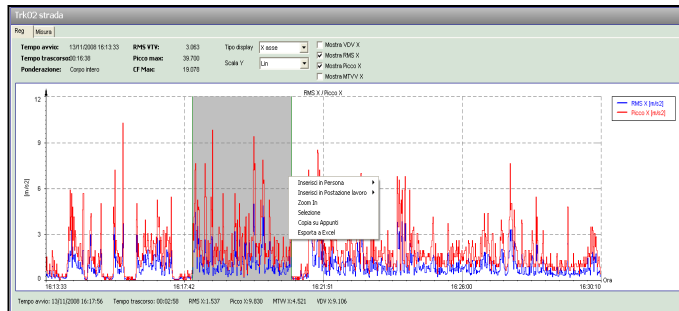
Per i dati registrati, al profilo viene aggiunto un tasto tabulatore. Per alternare le due finestre, selezionare il tasto appropriato, si veda la Fig. 5.21. A seconda del tipo di misura, vale a dire se si è misurato la vibrazione corpo intero o mano-braccio e se con accelerometro ad asse singolo o triassiale, i dati di registrazione seguenti possono essere visualizzati con una risoluzione di 1 s:

- Profilo RMS
- Profilo MTVV
- Profilo Picco
- Profilo VDV

I dati possono essere indicati asse per asse o come la radice della somma dei quadrati (VTV).

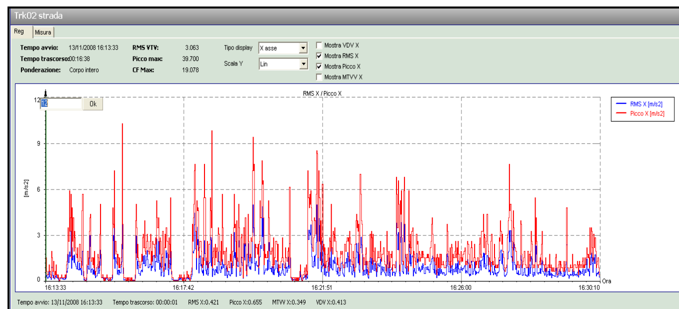
Nota: mentre i dati RMS, MTVV e Picco possono essere visualizzati nello stesso grafico, selezionando il display VDV, si disabiliterà RMS, MTVV e Picco. Il motivo è perché VDV ha unità di misura diverse da RMS, MTVV e Picco, cioè si escludono l'un con l'altro.

Fig. 5.21
Un profilo di registrazione



Per regolare la gamma dell'asse Y del grafico, cliccare con il sinistro del mouse sul valore in alto dell'asse Y. Nel riquadro, si veda la Fig. 5.22, si potrà digitare il nuovo valore massimo e premere **OK** (o premere Enter) per ridimensionare la scala. Vibration Explorer ricorderà questa impostazione per ogni profilo di registrazione, fintanto che il progetto è aperto.

Fig. 5.22
Modifica della scala



Per zumare nel profilo, cliccare con il sinistro del mouse dove la sezione inizia, mantenere premuto il tasto del mouse e trascinare il cursore attraverso la gamma. Eseguendo questa operazione, le informazioni in basso al grafico verranno aggiornate per indicare il Picco max, l'RMS totale e il VDV totale relativi all'area selezionata del profilo. Rilasciando il mouse, apparirà un menu per poter scegliere tra le seguenti opzioni:

- Regolazione della selezione
- Zoom nella gamma selezionata
- Esportazione della gamma selezionata come valori numerici in Microsoft® Excel
- Creazione di una figura della gamma selezionata e copia sugli appunti

Appena creato delle postazioni o persone, saranno presenti dei comandi che consentiranno di aggiungere i dati selezionati o l'intero profilo ad una particolare persona o postazione di lavoro.

Quando si sceglie di regolare la selezione, si otterrà una finestra dove si potrà digitare il punto di inizio e di arresto della selezione. Se si seleziona *Tutto*, L'intero profilo verrà selezionato. Premere **OK** per confermare la regolazione o **Annulla** per chiudere la finestra e rifiutare le modifiche, ritornando all'elenco delle opzioni.

5.3.7 Determinazione dell'esposizione alla vibrazione – Il modello organizzativo

Vibration Explorer consente di creare un modello di esposizione alla vibrazione corpo intero e mano-braccio. Ciò consente di determinare l'esposizione dei lavoratori in una situazione corrente, oppure in diversi scenari simulati in base alla gestione dell'azienda riguardo al rischio per la salute dei propri impiegati, derivato dall'esposizione a vibrazioni corpo intero e mano-braccio.



Fig. 5.23 *Struttura dell'organizzazione*

Un modello organizzativo è formato dai seguenti elementi:

- **Organizzazione:** nome dell'organizzazione/azienda
- **Cartelle:** reparti dell'organizzazione, raggruppamenti di macchinari, attrezzi o veicoli
- **Postazione lavoro:** attrezzi o veicoli manovrati dai lavoratori
- **Persona:** lavoratori esposti alle vibrazioni

In un progetto, può esserci solo un'organizzazione. Il nodo dell'organizzazione è predefinito come Organizzazione, ma può essere cambiato per definire qualcosa di più specifico. Cliccare con il destro del mouse sul nodo, selezionare **Rinomina** e digitare il nuovo nome.

Il modello organizzativo può essere strutturato usando diverse cartelle che ne contengono altre e ad una cartella si possono aggiungere quante postazioni o persone occorrono.

Le postazioni sono un mezzo per gestire una serie di misure eseguite nella stessa procedura. Esiste sempre una qualche incertezza nelle misure, che risulta sia dalle variazioni nella fase di lavoro, come cambiamenti di postura della persona, che da variazioni nel setup della misura, come piccole differenze nella posizione di montaggio del trasduttore. Perciò si riconoscerà che eseguendo numerose misure dello stesso lavoro, i risultati discorderanno leggermente o sostanzialmente l'uno dall'altro. Si raccomanda perciò di ripetere una misura diverse volte e di usare una media dei risultati per calcolare l'esposizione.

Note: le diverse normative suggeriscono approcci diversi per eseguire una media tra una serie di misure. Accertarsi perciò che il concetto implementato al momento nelle postazioni di Vibration Explorer è applicabile al progetto.

Eseguendo una media dei valori RMS in una postazione di lavoro, Vibration Explorer segue l'approccio descritto nella sezione 9.2.1 e nella sezione 10.1 della normativa EN 1032 (Vibrazione meccanica – Verifica dei macchinari mobili allo scopo di determinare il valore di emissione della vibrazione), che consiglia di documentare il valore medio di una serie di misure RMS come la grandezza dell'emissione della vibrazione di una particolare macchina in una modalità particolare di funzionamento. La stessa regola viene anche applicata ai valori SEAT, ai valori di esposizione giornaliera, $A(1)$, $A(4)$ e $A(8)$, e al valore della dose di vibrazione di 8 ore, $VDV(8)_k$. Al contrario, per i valori *Picco*, *CF, MTVV* e *VDV*, viene preso il massimo della rispettiva colonna.

Inserendo una postazione di lavoro in una persona, questa verrà considerata come una misura singola, usando la media RMS e rispettivamente i valori massimi di *VDV* e *Picco*, determinati nella postazione di lavoro.

Creazione di una struttura Organizzazione

Per aggiungere un'altra cartella, una postazione di lavoro o una persona, alla cartella principale Organizzazione, selezionare il nodo e premere rispettivamente il tasti *Aggiungi Cartella*, *Aggiungi Persona* o *Aggiungi Postazione lavoro*, presenti nella barra degli strumenti appena sopra il quadrante. In alternativa, cliccare con il destro del mouse sul nodo, selezionare **Nuovo** e poi scegliere la voce più opportuna che si desidera aggiungere. Questa avrà un nome predefinito che potrà essere immediatamente rinominato.

Una volta creata una o più cartelle, si possono aggiungere altre sotto-cartelle, di Postazione o Persona. I tasti presenti nella barra degli strumento sono sensibili al contesto e ciò faciliterà l'organizzazione della struttura. A seconda della voce selezionata, premendo uno dei tasti, si aggiungerà la nuova voce direttamente all'organizzazione o ad una delle sotto-cartelle.

Nota: non è possibile aggiungere direttamente una postazione di lavoro in una cartella Persona. Tuttavia, sarà possibile trascinare una Postazione in una cartella Persona. Con questa operazione i risultati del calcolo della postazione vengono aggiunti all'elenco delle esposizioni alla vibrazione. Le postazioni aggiunte alla persona appariranno nella struttura dell'Organizzazione, sotto la cartella Persona, ma una freccia verde aggiunta all'icona indicherà la presenza di un riferimento, invece di una nuova postazione.

Regolazione delle Proprietà per ogni nodo nella struttura Organizzazione

Ad ogni nodo della struttura Organizzazione (con l'eccezione delle cartelle), si possono aggiungere ulteriori informazioni, usando la finestra delle proprietà. Per aprirla, cliccare con il destro del mouse sul nodo e selezionare le proprietà:

- Per l'Organizzazione, si possono specificare il nome, l'indirizzo, il codice postale, la città ed il telefono. Inoltre si possono aggiungere commenti ed annotazioni
- Per la Postazione lavoro e la Persona si possono specificare il nome, il luogo ed una descrizione, oltreché aggiungere delle foto sia della persona che della postazione.

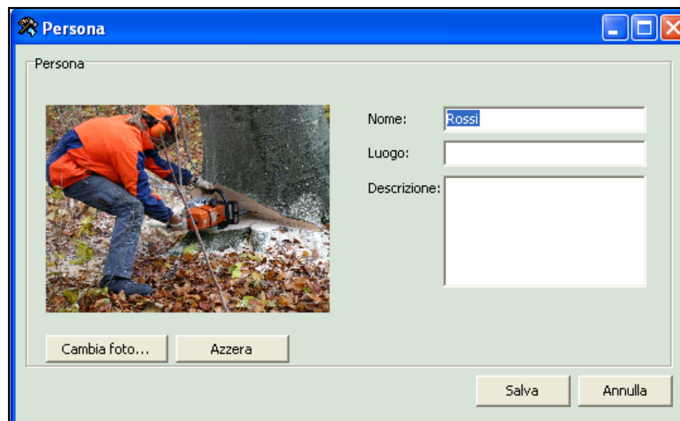


Fig. 5.24
Proprietà della persona

Aggiunta dei dati di misura alla Postazione lavoro o alla Persona

Una volta che nel modello organizzativo si sono create postazioni di lavoro e persone, si possono inserire i dati di misura o i profili di registrazione.

Le misure possono essere inserite in due modi:

1) Selezionare il gruppo di misura al quale la misura appartiene (l'area di lavoro cambierà in modo da visualizzare le misure in questo gruppo) e trascinare la misura desiderata della tabella nella persona o postazione.

2) Selezionare il gruppo di misura al quale la misura appartiene (l'area di lavoro cambierà il modo da visualizzare le misure in questo gruppo), cliccare con il destro del mouse nella tabella, per accedere ad un elenco di persone e postazioni che sono presenti nel progetto e poi selezionare la persona o postazione.

Note: alla stessa persona o postazione si possono aggiungere sia misura mano-braccio che corpo intero. Vibration Explorer assicurerà che siano trattate diversamente.

Dopo aver aggiunto un numero di misure alla persona o postazione, selezionare il rispettivo nodo. Una tabella simile a quella del gruppo di misura verrà mostrata nel quadrante superiore dell'area di lavoro. Tuttavia, quando si calcola l'esposizione, i dati di vibrazione mano-braccio e corpo intero verranno gestiti separatamente. Come conseguenza, guardando i dati di una persona o di una postazione di lavoro, solo i dati dello stesso tipo saranno mostrati insieme. Per alternare questi gruppi diversi di dati, usare i tasti presenti sopra la tabella.

Nota: i tasti sono presenti solo per il tipo di misure già aggiunte ad una persona, cioè se si aggiunto solo misure mano-braccio, verranno visualizzate solo quelle.

Fig. 5.25
Elenco di operazioni

Le misure possono essere anche copiate tra postazioni di lavoro e persone, in due modi:

1) Trascinarle dalla loro cartella corrente e rilasciarle nella nuova.
2) Cliccare con il destro del mouse sulla misura e selezionare la persona o la postazione nella quale copiarla.

Assegnazione dei dati di registrazione alla Persona o Postazione lavoro

In principio, il processo per usare i dati di registrazione nel calcolo dell'esposizione è esattamente lo stesso di quello delle misure. Se si desidera usare un profilo di registrazione intero, selezionarlo nel gruppo dei profili di registrazione e trascinarlo nella postazione o persona.

Tuttavia, Vibration Explorer da' molta più flessibilità a questa operazione; infatti si può aggiungere solo una sezione di un profilo ed usarla come un'operazione o misura autonoma. Per fare ciò, selezionare la misura registrata in modo che il profilo venga visualizzato nell'area di lavoro. Cliccare con il sinistro del mouse e trascinare il cursore sulla sezione del profilo che si desidera inserire come nuova voce in una postazione o persona. Una volta rilasciato il mouse si otterrà un menu. Se occorresse ridefinire la sezione, cliccare **Selezione …** e digitare i tempi di inizio e arresto, prima di procedere. Altrimenti, selezionare la postazione di lavoro o la persona nella quale si voglia inserire la sezione del profilo.

Una volta terminato, in Organizzazione, selezionare la persona o la postazione di lavoro, e nella relativa tabella dei contributi all'esposizione, cliccare sulla voce che rappresenta il profilo di registrazione appena aggiunto. Si vedrà così solo la sezione che è stata aggiunta.

Definizione della durata dell'esposizione

Per calcolare l'esposizione giornaliera di un lavoratore, occorre specificare il tempo in cui la persona ha eseguito quella particolare operazione.

Per impostare (o modificare) il tempo di esposizione:

1) Nella tabella del quadrante superiore destro (che mostra i dettagli della persona selezionata), selezionare *Mano-braccio* o *Corpo intero*.

2) Selezionare la misura che rappresenta la particolare operazione per la quale si desidera impostare il tempo di esposizione effettivo.

3) Nel quadrante inferiore destro, scegliere **Esposizione** e inserire il tempo usando i tasti con i valori o i tasti a scorrimento.

Modificata la durata di un'operazione, Vibration Explorer calcolerà di nuovo l'esposizione di quella particolare operazione. Il risultato viene visualizzato nel quadrante in basso a destra dei tasti. Oltre al valore di vibrazione parziale, *A(8)*, e al valore della dose di vibrazione, *VDV*, l'esposizione viene indicata in punti, P_E. I risultati vengono visualizzati anche in una scala di colore, si veda la sezione 5.3.6 (pagina 77).

In aggiunta ai valori di esposizione parziale, l'esposizione giornaliera combinata alla vibrazione relativa alla persona verrà ricalcolata e visualizzata nell'ultima riga in basso della tabella. Questi valori sono identificati da un colore:

– Verde, se l'esposizione alla vibrazione è inferiore al valore d'azione.
– Giallo, se l'esposizione alla vibrazione è tra il valore limite e quello d'azione.
– Rosso, se l'esposizione alla vibrazione supera il valore limite.

La Fig. 5.26 è un esempio di display di un calcolo della vibrazione.

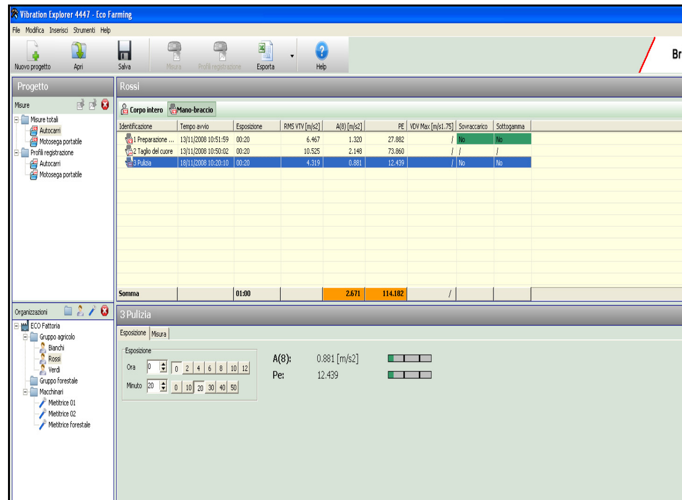


Fig. 5.26
Esempio di calcolo dell'esposizione

5.4 Esportazione dei dati e creazione di report

I report per la documentazione sono creati usando le funzioni di esportazione di Vibration Explorer. Il modo più semplice è quello di esportare i dati in un file di testo, un file HTML o XML. Tuttavia, Vibration Explorer può esportare tutti i dati ad un foglio elettronico come Windows® Excel, ottenendo così la possibilità di formattare il documento e eseguire altri calcoli.

5.4.1 Esportazione delle regolazioni

Prima dell'esportazione, occorre definire la regolazione che si desidera esportare nella finestra appropriata, si veda la Fig. 5.27. Per aprirla, selezionare **Strumenti** e *Esporta regolazioni*. La finestra è composta da cinque pagine, poiché i dati possono essere esportati rispettivamente per una Persona, una Postazione lavoro, una cartella della struttura organizzativa, una misura non elaborata in un gruppo di misura o di registrazione. In ogni pagina contrassegnare i dati da esportare per quella particolare voce del progetto.



Fig. 5.27
Esempio di una pagina di Esporta regolazioni

Se si desidera esportare su Excel®, occorre anche specificare il file del template (*.XLT) nel quale inserire i dati. Ulteriori informazioni su come utilizzare i template dei report in Excel, sono riportate alla fine di questa sezione. Chiudere la finestra una volta terminato.

5.4.2 Esportazione dei dati

Per esportare i dati:

1) Selezionare la persona, la postazione di lavoro, la cartella, il gruppo di misura o registrazione che si desidera esportare.
2) Dal menu principale, selezionare **Strumenti**, **Esporta** e scegliere l'opzione di esportazione adeguata: *Testo*, *HTML*, *XML* o *Excel*.

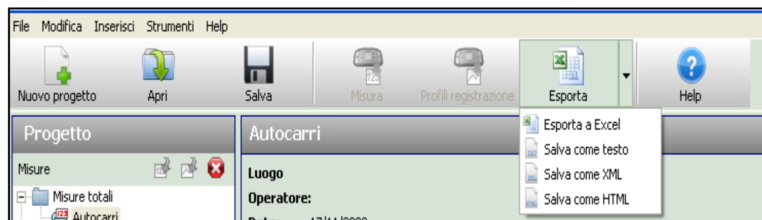
In alternativa, selezionare l'opzione di esportazione desiderata dal tasto **Esporta** della barra degli strumenti.

Nota: il tasto di esportazione della barra degli strumenti terrà in memoria l'ultima scelta fatta.

Se si sceglie di esportare come file di testo, HTML o XML, verrà richiesto di specificare il nome del file. Vibration Explorer scriverà i dati su questo file.

Se si sceglie di esportare a Excel®, Vibration Explorer inizierà una nuova sessione di Microsoft® Excel, creando un nuovo file Excel® dove scriverà i dati di Vibration Explorer. Il file non verrà salvato automaticamente, ma occorrerà che ne programma di Excel®, si selezioni **File** e poi *Salva come* **….**

Fig. 5.28
Barra degli strumenti con il tasto Esporta selezionato



5.4.3 Organizzazione dei dati di Vibration Explorer in Excel®

Quando si esportano i gruppi di misura, le persone, le postazioni di lavoro e le cartelle, Vibration Explorer li posizionerà su un 'Foglio1' di una nuova Cartel1. Per manipolare i dati, si raccomanda d'inserire un nuovo Foglio. Cliccare con il destro del mouse sul 'Foglio1' esistente e selezionare *Inserisci*. Dal menu **Inserisci**, selezionare *Foglio di lavoro*. Il nuovo foglio sarà chiamato 'Foglio2'. Nelle pagine seguenti si continuerà a riferirsi a questo foglio come al 'Foglio2', ma certamente potrà essere chiamato con un altro nome, ad esempio 'Report'.

Fig. 5.29
Esempio di dati di una persona, esportati su Excel (in inglese)

Microsoft Excel - Sheet1

	A	B	C	D	E	F
1	Name	John D.				
2	Location	Warehouse				
3	Description					
4	Org.Name	TCG Unitech Ltd.				
5	Org.Address	S. William Street 123				
6	Org.ZIPCode	123456				
7	Org.Town	New Town				
8	Org.Telephone					
9	Org.Comments					
10						
11	WHOLE-BODY					
12	A(8)	0,667277283				
13	A(X)	0,517557553				
14	A(Y)	0,313836881				
15	A(Z)	0,667277283				
16	VDV VTV	25,34				
17	VDV(X)	22,621				
18	VDV(Y)	11,153				
19	VDV(Z)	25,34				
20	Identification	Exposure	RMS VTV	VDV(8)k VTV	CF Max	Serial no.
21	Driver Seat 1	1:30	1,803469012	34,376	10,696	
22	Driver Seat 2	0:25	1,968266035	45,707	7,258	

Sheet1
Ready

Le celle del 'Foglio2' possono essere impostate per riferirsi ai dati degli altri fogli. Come esempio, Vibration Explorer ha posizionato sul 'Foglio1', *A(8)* nella cella B12. Per riferirsi a questo valore sul 'Foglio2':

1) Selezionare una cella del secondo foglio e digitare il seguente testo:
   =Sheet1!B12
2) Premere Enter.

Excel® inserisce il valore della cella B12 sul 'Foglio1' nella cella sul 'Foglio2'. In seguito, se si modifica il valore sul 'Foglio1', questo cambierà anche nel 'Foglio2'.

Ora le celle possono essere elaborate nel nuovo 'Foglio2' in modo che questo possa essere usato come report. La formattazione, il layout ed i riferimenti possono essere effettuati in seguito con le opzioni di Excel®, come ***Inserisci immagine*** (il logo aziendale), ***Formato del testo***, ***Stile del foglio***, ecc. Per l'assistenza sull'uso di Microsoft® Excel, si consulti il menu **Help**. Una volta soddisfatti con risultato del foglio, selezionare le celle che si desidera includere nel report e cliccare, **Area di stampa** e *Imposta area di stampa*. Aprire *Imposta pagina* (File/Imposta pagina) per configurare i margini, l'intestazione, il piè di pagina, ecc.. Un esempio di report è riportato nella Fig. 5.30 (in inglese).

Fig. 5.30
Esempio di un report creato con Microsoft® Excel (in inglese)

5.4.4 Come creare un template di un report in Excel® (*.XLT)

Usando le stesse regolazioni di esportazione (si veda la sezione 5.4.1), Vibration Explorer esporterà i dati usando la stessa struttura del 'Fogli1'. Nel caso occorra creare spesso dei report simili, è consigliabile creare un template che potrà essere usato diverse volte. La procedura di creazione dei report sarà ridotta in modo significativo.

Per creare un template in Excel®:

1) Creare un report come descritto nella sezione 5.4.3.

2) Una volta terminato, cancellare i dati nel 'Foglio1'.

3) Salvare il foglio elettronico come template, selezionando **File** e *Salva come*. In *Salva come*, nel tipo, selezionare Template (*.XLT). Per accedere facilmente, da Vibration Explorer al template appena creato, salvarlo nella cartella Data che si trova nella directory di Vibration Explorer (si veda la Fig. 5.31).

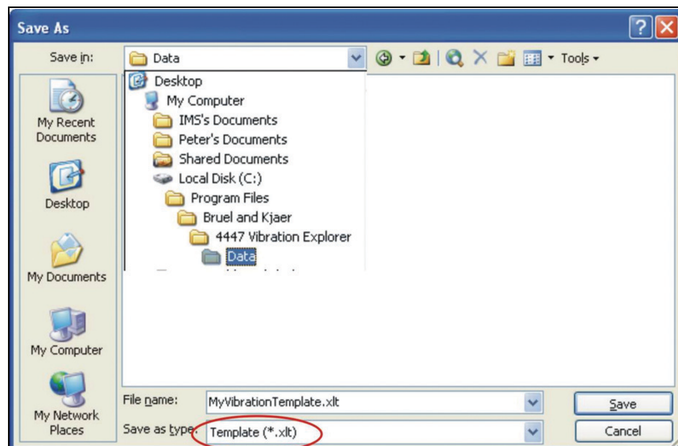


Fig. 5.31
Salvataggio del template nella cartella Data nella directory di Vibration Explorer



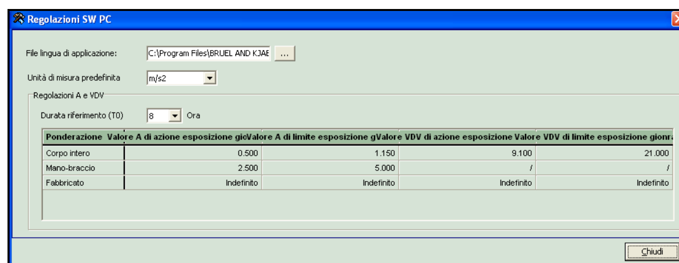
Fig. 5.32
Attivazione del template del report per l'esportazione di dati di una Persona

Il template può essere selezionato dalla finestra **Esporta regolazioni** (si veda la Fig. 5.32) ogni volta che si desidera un report predefinito. La Fig. 5.31 e la Fig. 5.32 mostrano la procedura utilizzando un template per i dati di esportazione contenuti una cartella *Persona*.

5.5 Regolazioni del software

La finestra **Regolazioni SW PC** (si veda la Fig. 5.33) viene usata per impostare i parametri di calcolo (come i valori di azione e limite dell'esposizione mano-braccio/corpo intero), impostare il tempo di esposizione giornaliera e modificare la lingua di applicazione. Per accedere alla finestra, selezionare **Strumenti/Regolazioni SW PC…**.

Fig. 5.33
Finestra Regolazioni SW PC



File della lingua di applicazione

La lingua predefinita di Vibration Explorer è l'inglese. Altre lingue supportate dal software si trovano nel DRIVE LOCALE *\PROGRAM FILES\BRUEL AND KJAER\4447 VIBRATION EXPLORER\ LANGUAGE*. Per modificare la lingua, selezionare il file .SWL appropriato.

Unità di misura

I risultati sono espressi in m/s^2 come unità di misura predefinita, ma possono essere modificati come g o dB.

Durata di riferimento (T_0)

Il valore predefinito della durata, che rappresenta il periodo di lavoro giornaliero di riferimento in ore, è 8 ore. Può essere alterato in ogni momento, prima, durante o dopo il calcolo ed ha un effetto istantaneo sui risultati.

Tabella dei valori dell'esposizione giornaliera

Mostra i valori limite e d'azione dell'esposizione giornaliera predefiniti per le misure mano-braccio e corpo intero e sono riprese dalla Direttiva 2002/44/EC. Per modificare valori, cliccare due volte su un valore e digitare il nuovo. Il valore modificato sarà usato nei calcoli di esposizione giornaliera.

5.6 Uso di Vibration Explorer per aggiornare il firmware e impostare la lingua dell'analizzatore 4447

La finestra *Aggiornamento SW strumento* viene usata per regolare e mantenere il 4447 (si veda la Fig. 5.34). Collegare il 4447 al PC. Selezionare **Strumenti/Manutenzione** e *Aggiornamento SW strumento*.

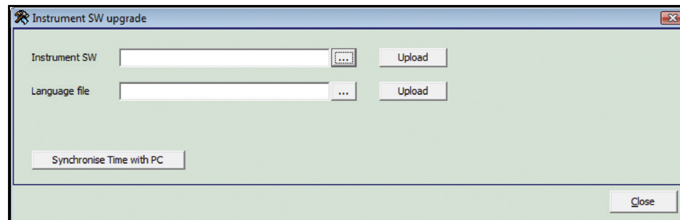


Fig. 5.34
Finestra Aggiornamento SW strumento

Per aggiornare il firmware con l'ultima versione:

1) Cliccare il tasto **…** alla destra del campo *SW strumento*. Si accede ad una finestra A*pri file* di Windows®.
2) Cercare il nuovo file del firmware, selezionarlo e premere **Open**.
3) Ritornando alla finestra **Aggiornamento SW strumento**, premere il tasto **Invio**.
4) Una barra in progressione indicherà il caricamento in corso.

Nota: attendere alcuni secondi per il caricamento. Prima di inserire una lingua, accertarsi che il 4447 sia completamente carico e che il cavo USB sia correttamente collegato allo strumento e al PC. Nel caso che il caricamento s'interrompa (ad esempio, per lo scollegamento del cavo), il 4447 si blocca ed il processo deve essere ripetuto.

Il firmware più recente può essere scaricato dal sito Brüel & Kjær (www.bksv.com).

Modifica della lingua nel 4447

1) Cliccare il tasto … alla destra del campo *File lingua*. Si accede ad una finestra Windows® *Apri file*.
2) Cercare il file della lingua desiderato (estensione .HWL), selezionarlo e premere il tasto **Apri**. Per default, i file di lingua per il 4447 sono inclusi nella cartella LANGUAGE nella directory Vibration Explorer.
3) Ritornando alla finestra Aggiornamento SW strumento, premere **Invio**.
4) Una barra in progressione indicherà il caricamento in corso.

Nota: attendere alcuni secondi per il caricamento. Prima di inserire una lingua, accertarsi che il 4447 sia completamente carico e che il cavo USB sia correttamente collegato allo strumento e al PC. Nel caso che il caricamento s'interrompa (ad esempio, per lo scollegamento del cavo), il 4447 si blocca ed il processo deve essere ripetuto.

Sincronizzazione tra il 4447 ed il PC

Per sincronizzare la data e l'ora tra lo strumento e il computer, cliccare **Tempo sincr. con PC**. La sincronizzazione sarà confermata con il messaggio *Sincronizzazione OK*.

5.7 Finestra Help e Info

Per accedere all'Help online, cliccare il tasto **Help** sulla barra degli strumenti o selezionare **Help**, poi *Manuale* dal menu.

Il menu **Info** (**Help**/*Info 4447 Vibration Explorer*) da' l'accesso alle informazioni sulla versione di Vibration Explorer per il 4447.

Capitolo 6

Manutenzione e service

Il 4447 è stato concepito e costruito per avere una lunga affidabilità nel tempo, tuttavia, nell'eventualità di un malfunzionamento dell'analizzatore, si raccomanda di spegnerlo e di rimuovere i cavi, per evitare ulteriori possibili danni.

Per ulteriori informazioni riguardanti la prevenzione di guasti, consultare la sezione di seguito.

Per la riparazione dello strumento, rivolgersi al rappresentante locale Brüel & Kjær. Brüel & Kjær fornisce un elevato livello di supporto e assistenza dopo la vendita.

6.1 Manutenzione, pulizia e stoccaggio

Il 4447 è uno strumento di misura di precisione. Per la manutenzione, lo stoccaggio e la pulizia seguire attentamente le seguenti precauzioni.

Manutenzione dello strumento

- Non tentare di aprire lo strumento. Al suo interno non sono presenti parti funzionali. In ogni caso, si raccomanda di contattare il rappresentante locale Brüel & Kjær
- Evitare di bagnarlo
- Attenzione agli urti e alle cadute. Usare la borsa in dotazione per il trasporto
- Usare esclusivamente il carica batteria originale in dotazione

Azzeramento generale

Nell'evento che lo strumento non risponda ai comandi (tutte le funzioni sembrano bloccate), eseguire un azzeramento generale premendo ✓ per oltre 10 secondi.

(Dopo l'azzeramento, l'orologio deve essere regolato di nuovo. Prima di avviare una nuova misura, si consiglia di controllare nuovamente i menu **Setup** e **Calibrazione**.)

6.1.1 Stoccaggio dello strumento

- Riporre lo strumento in un posto asciutto, preferibilmente all'interno della borsa in dotazione
- Non superare i limiti di temperatura di stoccaggio compresi tra –25 e +60° C

6.1.2 Pulizia dello strumento

Se l'esterno dello strumento si sporca, pulirlo con un panno leggermente umido. Non utilizzare pulitori abrasivi o solventi. Evitare che l'umidità penetri nei connettori o all'interno dello strumento.

6.1.3 Sostituzione della batteria

La batteria non può essere sostituita dall'utente. Per la sostituzione, l'intero strumento deve essere inviato ad un servizio assistenza Brüel & Kjær.

Capitolo 7

Caratteristiche tecniche

Il 4447 è conforme con le parti rilevanti delle seguenti normative:
- ISO 8041:2005: Risposta del corpo umano alla vibrazione – Strumentazione di misura
- ISO 5349–1: 2001: Vibrazione meccanica – Misura e valutazione dell'esposizione individuale alla vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio Misura e valutazione dell'esposizione individuale alla vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio – Parte 1: Requisiti generali
- ISO 5349–2: 2001: Vibrazione meccanica – Misura e valutazione dell'esposizione individuale alla vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio – Parte 2: Guida pratica per la misura sul luogo di lavoro
- ISO 2631–1: 1997: Vibrazione e shock meccanico – Valutazione dell'esposizione individuale alla vibrazione trasmessa al corpo intero – Parte 1: Requisiti generali
- Direttiva EU 2002/44/EC

ACCELEROMETRI IN DOTAZIONE

	Trasduttore	**Sensibile nominale**	**Filtro**	**Gamma di frequenza**	**Gamma di funzionamento lineare[a]**	**Rumore di rumore**
Mano-braccio	4524-B-001	1 mV/(m/s^2)	W_h	da 2 Hz a 7 kHz	da 1 m/s^2 a 3200 m/s^2	<0.1 m/s^2
Corpo intero	4515-B-002	10 mV/(m/s^2)	W_d, W_k	da 0.25 Hz a 900 Hz	da 0.1 m/s^2 a 320 m/s^2	<0.01 m/s^2

a. La gamma di funzionamento lineare è la gamma di misura dello strumento. Specificata in accordo alla ISO 8041:2005. Fuori da questa gamma, si avrà un'indicazione di 'Sovraccarico' o di 'Sottogamma'.

LIMITI DI URTO
Livello massimo di urto per trasduttori raccomandati (± picchi): 50 km/s^2

DISPLAY
Display grafico a colori: risoluzione 124 × 124 pixel
Le informazioni di base che riguardano lo stato dello strumento sono mostrate attraverso icone, incluso:
- Indicatore batteria
- Stato della misura: in corso, pausa, arresto
- Stato del canale
- Tempo trascorso: oo:mm:ss

OROLOGIO
Orologio in tempo reale e misure con data e ora

MEMORIA
64 kB, equivalente alla memorizzazione di 750 (3 assi) misure o 4.7 ore di registrazione

INTERFACCIA USB
Conforme a USB 2.0
Connettore: Mini B

CANALI INGRESSO
Il 4447 ha due canali d'ingresso analogici e un I/U USB digitale. Gli ingressi sono disegnati per gli accelerometri triassiali e/o uniassiali e sono dotati di alimentazioni CCLD selezionabili. La sensibilità del canale d'ingresso è data per trasduttori tipici usati nelle misure di vibrazione del corpo umano.

CAVI
La lunghezza massima accettata del cavo dell'accelerometro è 3 m

PONDERAZIONE IN FREQUENZA
Filtri per la ponderazione in frequenza conformi alla ISO 8041:2005, comprendendo i filtri W_h, W_d, W_k e W_m

MODALITÀ DI REGOLAZIONE
Filtri di ponderazione (tipo di misura)
Unità di visualizzazione

RILEVATORI
Misura simultanea dei parametri RMS, MTVV, VDV e del valore Picco per ciascun canale

PARAMETRI DI MISURA
I parametri misurati sono selezionati in accordo alla modalità di regolazione selezionata. I seguenti parametri sono misurati, calcolati e visualizzati durante o dopo la misura

BATTERIA
Batteria agli ioni di litio ricaricabile da 3.7 V, 2600 mA. Fino a 4 ore di uso continuo a temperatura ambientale dopo una ricarica superiore a 6 ore con il carica batteria in dotazione, ZG-0459*

Nota 1: si sconsiglia l'uso del carica batteria esterno (ZG-0459) durante la misura, poiché produce rumore

CALIBRAZIONE
Valore di vibrazione del controllo di calibrazione: 10 m/s^2
(3.16 m/s^2 per accelerometri ad alta sensibilità: posizioni 5 e 10)
Frequenza di controllo della calibrazione: 159.2 Hz
Tensione di controllo della vibrazione elettrica: 100 mV per il tipo 4515-B-002 e 10 mV per il tipo 4524-B-001

DIMENSIONI FISICHE
Dimensioni: 70 × 135 × 28 mm
Peso: 260 g, batteria inclusa

LINGUE
Inglese, francese, italiano, spagnolo e tedesco

Parametro	Simbolo	Unità
Valore di accelerazione ponderato mediato nel tempo per la durata della misura usando una media lineare	RMS totale X, Y, Z	m/s^2, g o dB[a]
Valore totale di vibrazione dell'RMS totale (radice della somma dei quadrati): i 3 valori ortogonali × i loro rispettivi fattori k	VTV RMS totale	m/s^2, g o dB[a]
RMS in corso. Valore di accelerazione: vibrazione istantanea ponderata in frequenza mediata esponenzialmente con una costante temporale di 1 s	RMS corr X, Y, Z	m/s^2, g o dB[a]
Vibrazione massima transitoria: il massimo dell'RMS corrente durante la durata della misura	MTVV X, Y, Z	m/s^2, g o dB[a]
Valore del picco di vibrazione: modulo massimo dei valori di picco istantanei (positivo e negativo) dell'accelerazione ponderata in frequenza. Misurata per la durata della misura	Picco X, Y, Z	m/s^2, g o dB[a]
Valore di dose della vibrazione (VDV): la 4^ radice dell'integrale temporale della 4^ potenza dell'accelerazione della vibrazione istantanea ponderata in frequenza. Misurata per la durata della misura	VDV X, Y, Z	m/s$^{1.75}$, g·s$^{0.25}$ o dB[a]
Valore totale di vibrazione del VDV totale: RMS dei 3 valori ortogonali × i loro rispettivi valori k	VTV VDV totale	m/s^2, g o dB[a]
Valore di dose della vibrazione su 8-ore: dal VDV misurato per la durata della misura viene estrapolato/interpolato il valore che lo stesso segnale avrebbe prodotto se la durata della misura fosse stata di 8 ore e moltiplicato per il rispettivo fattore k	VDV(8)$_k$ X, Y, Z e VTV	m/s$^{1.75}$, g·s$^{0.25}$ o dB[a]
Durata della misura	Tempo trascorso	o:m:s

*. Se lo strumento opera a temperature basse, il tempo di funzionamento è ridotto.

Esposizione giornaliera alla vibrazione per 8-ore A(8): risultati mano-braccio, A(8) = VTV RMS totale. Risultati corpo intero, A(8) = il massimo dell'RMS totale dei tre assi per i loro rispettivi fattori k	A(8)	m/s^2, g o dB[a]
Esposizione giornaliera alla vibrazione per 4-ore: A(8) ricalcolato per 4 ore di esposizione.	A(4)	m/s^2, g o dB[a]
Esposizione giornaliera alla vibrazione per 1-ora: A(8) ricalcolato per 1 ora di esposizione.	A(1)	m/s^2, g o dB[a]
Fattore SEAT calcolato come rapporto tra i valori misurati nelle direzioni Z in alto e in basso al sedile per RMS e VDV	SEAT RMS	–
	SEAT VDV	–

a. dB riferimento 1 $\mu m/s^2$ (per VDV: 1 $\mu m/s^{1.75}$)

Informazioni per l'ordine

Analizzatore di vibrazione del corpo umano Tipo 4447-A, incluso:

Tipo 4515-B-002 Cuscino accelerometrico triassiale DeltaTron, con tipo 4524-B incorporato, 10 mV/(m/s^2), TEDS, con cavo integrale da 3 m, LEMO da 4-pin e strap per cuscino accelerometrico, DH-0411

Tipo 4524-B-001 Accelerometro triassiale miniaturizzato DeltaTron, 1 mV/(m/s^2), TEDS

AO-0693-D-025 Cavo connettore Microtech 1/4–28, LEMO da 4-pin, 2.5 m

ed i seguenti accessori:

- AO-1476: cavo interfaccia da USB standard A a USB mini-B, 1.8 m
- UA-3015: Adattatore mano
- UA-3016: Adattatore impugnatura
- UA-3017: Adattatore cubico per fissaggio diretto
- BZ-5623: Software Vibration Explorer, per il trasferimento dati, organizzazione del sito di misura e calcolo
- ZG-0459: Carica batteria, 100 – 240 V, 50 – 60 Hz
- QA-0232: Cacciavite
- YJ-0216: Cera d'api per montaggio
- DB-0756: Perno di fissaggio, 10–32 UNF
- DH-0750: Cinturino da polso per 4447
- DG-0517: Strap di velcro
- KE-0455: Borsa da trasporto

Analizzatore di vibrazione del corpo umano tipo 4447-B, incluso:

Tutti i componenti del tipo 4447-A e gli accessori **più**:

- Tipo 4294: Eccitatore di calibrazione
- DV-0459: Aggancio piccolo per calibrazione

Analizzatore di vibrazione del corpo umano – mano-braccio tipo 4447-C, incluso:

Tutti i componenti del tipo 4447-A e gli accessori **eccetto**:

- Tipo 4515-B-002: Cuscino accelerometrico triassiale DeltaTron
- DH-0411: Strap per cuscino accelerometrico

Analizzatore di vibrazione del corpo umano – corpo intero tipo 4447-D, incluso: Tutti i componenti del tipo 4447-A e gli accessori **eccetto**:

Tipo 4524-B-001 Accelerometro triassiale miniaturizzato DeltaTron, 1 mV/(m/s^2), TEDS

AO-0693-D-025 Cavo connettore Microtech 1/4–28, LEMO da 4-pin, 2.5 m

- UA-3015:Adattatore mano
- UA-3016: Adattatore impugnatura
- UA-3017: Adattatore cubico per fissaggio diretto
- DG-0517: Strap di velcro

ACCESSORI OPZIONALI

Tipo 4294 Eccitatore di calibrazione

DV-0459 Aggancio piccolo per calibrazione

Tipo 4515-B-002 Cuscino accelerometrico triassiale DeltaTron, con tipo 4524-B incorporato, 10 mV/(m/s^2), TEDS, con cavo integrale da 3 m, LEMO da 4-pin

Tipo 4524-B-001 Accelerometro triassiale miniaturizzato DeltaTron, 1 mV/(m/s^2), TEDS

Tipo 4507-001 Accelerometro uniassiale DeltaTron, 1 mV/(m/s^2)

Tipo 4520-004 Accelerometro triassiale miniaturizzato, 0.1 mV/(m/s^2)

AO-0694-D-012 Adattatore, 3× da 10 – 32 UNF a LEMO femmina, 1.2 m

AO-0695-D-025 Cavo da LEMO maschio a 10–32 UNF, 2.5 m, per misure ad asse singolo, quarto canale

DH-0411	Strap cuscino accelerometrico
DV-0459	Aggancio piccolo per calibrazione (incluso con il tipo 4447-B)
DV-0463	Aggancio a molla per adattatori UA-3015, UA-3016 e UA-3017
DV-0497	Aggancio a cintura per analizzatore
UA-2085	10 × viti per cuscino accelerometrico
WA-0224	Filtro meccanico, perno 3 mm

PRODOTTI DI SERVICE

4447-A-CVF	Calibrazione accreditata di 4520-002, 4524-B, verifica analizzatore e sostituzione batteria
4447-A-CVI	Calibrazione iniziale accreditata di 4520-002, 4524-B e verifica iniziale analizzatore
4447-B-CVF	Calibrazione accreditata di 4520-002, 4524-B, 4294, verifica analizzatore e sostituzione batteria
4447-B-CVI	Calibrazione iniziale accreditata di 4520-002, 4524-B, 4294 e verifica iniziale analizzatore
4447-C-CVF	Calibrazione accreditata di 4520-002, verifica analizzatore e sostituzione batteria
4447-C-CVI	Calibrazione iniziale accreditata di 4520-002 e verifica iniziale analizzatore
4447-D-CVF	Calibrazione accreditata d 4524-B, verifica analizzatore e sostituzione batteria
4447-D-CVI	Calibrazione iniziale accreditata di 4524-B e verifica iniziale analizzatore
4447-RE3	Sostituzione batteria del 4447
4447-TCF	Verifica di conformità con certificazione

Conformità con le normative

CE, C-Tick	Il marchio CE indica la conformità con la Direttiva sui campi elettromagnetici e con la Direttiva per le basse tensioni. Il marchio C−Tick indica la conformità con i requisiti sui campi elettromagnetici di Australia e Nuova Zelanda
Sicurezza	EN /IEC 61010−1: requisiti di sicurezza per le apparecchiature elettriche di misura, controllo e uso in laboratorio. ANSI/UL 61010B−1: normativa per la sicurezza – Apparecchiature elettriche di misura, controllo e uso in laboratorio.
Emissione EMC	EN/IEC 61000−6−3: standard sulle emissioni generiche: uso domestico, commerciale e industria leggera. EN/IEC 61000−6−4: standard sulle emissioni generiche: ambienti industriali. CISPR 22: limite e metodi delle caratteristiche dei disturbi radio delle apparecchiature tecnologiche per l'informazione. Limite di classe B. Limiti FCC, Parte 15: conforme con i limiti per un dispositivo digitale di classe B.
Immunità EMC	EN/IEC61000−6−1: standard sull'immunità generica: uso domestico, commerciale e industria leggera. EN/IEC 61000−6−2: standard sull'immunità generica: ambienti industriali EN/IEC 61326: strumentazione elettrica per la misura, la verifica e l'uso in laboratorio – Direttive EMC **Nota 1:** quanto sopra è garantito solo usando gli accessori elencati in questo manuale
Temperatura	IEC 60068−2−1 IEC 60068−2−2: Verifica ambientale. Freddo e caldo secco. Temperatura di funzionamento: da –10 a +50°C Temperatura di stoccaggio: da –25 a +70°C
Umidità	IEC 60068−2−78: Caldo umido: 93% RH (senza condensazione a 40°C)
Sollecitazioni meccaniche	Non in funzione: IEC 60068−2−6: Vibrazione: 0.3 mm, 20 ms^{-2}, 10 – 500 Hz IEC 60068−2−27: Urto: 1000 × 40 g IEC 60068−2−29: Scossa: 6 × 1000 scosse a 40 g
Chiusura	IEC 60529 (1989): Protezione data dalla chiusura: IP 42

Capitolo 8

Glossario

A(1), A(4), A(8): Valore di esposizione giornaliera alla vibrazione per un'esposizione alla vibrazione di 1 ora, 4 ore e 8 ore. Nei risultati mano-braccio, $A(8)$ è uguale al valore totale di vibrazione (VTV) del valore quadratico medio (RMS) totale, e nei risultati corpo intero, $A(8)$ è uguale al massimo dell'RMS totale dei tre assi moltiplicato per la radice quadrata di 4ore/8ore. $A(1)$ è uguale a $A(8)$ moltiplicato la radice quadrata di 1ora/8ore.

CF: Fattore di cresta. È il rapporto del valore di Picco rispetto al valore quadratico medio (RMS) di una quantità su un intervallo di tempo specificato. Il fattore di cresta è basso se il valore di picco supera di poco il valore RMS, ad indicare un processo vibrazionale stabile e relativamente omogeneo. Un fattore di cresta alto indicherà che la vibrazione contiene uno o più eventi transitori importanti, ad esempio degli urti.

RMS corr: Valore di accelerazione della radice quadratica media (RMS) in corso. Il valore di accelerazione della vibrazione RMS corrente, ponderato in frequenza, è misurato usando una media esponenziale con una costante temporale di 1 secondo. Questo è un valore istantaneo visualizzato durante la misura; non viene memorizzato nel risultato finale. La ragione per visualizzare questo valore è che consente di verificare come il livello di vibrazione varia durante la misura.

Tempo trascorso: Durata della misura totale. È il tempo compreso tra l'inizio e l'arresto della misura, escluso il tempo quando lo strumento è in pausa. Durante la misura, il tempo trascorso è indicato nell'angolo destro in basso del display.

MTVV: Massimo valore transitorio di vibrazione (MTVV). Il massimo valore del valore di accelerazione RMS corrente (con una costante temporale di 1 secondo) misurato per il tempo trascorso. Durante le misure di registrazione, MTVV viene determinato per ogni intervallo di registrazione.

P_E: Punti di esposizione. Un modo alternativo di esprimere l'esposizione giornaliera alla vibrazione, $A(8)$. La relazione tra i punti di esposizione P_E e l'esposizione giornaliera alla vibrazione, $A(8)$, è definita in modo che 100 punti di esposizione corrispondono sempre al valore d'azione dell'esposizione giornaliera alla vibrazione (0.5 m/s^2 per vibrazioni corpo intero e 2.5 m/s^2 per vibrazioni mano-braccio). Inoltre, i punti di esposizione sono semplicemente sommati insieme. Entrambe le caratteristiche del sistema a punti facilitano la valutazione del rischio e la rendono più trasparente per i non addetti.

Picco: Valore di vibrazione del picco. Il modulo massimo dei valori di picco (positivo e negativo) istantaneo dell'accelerazione ponderata in frequenza, misurato per il tempo trascorso. Durante le misure di registrazione un valore di picco viene anche memorizzato ogni intervallo di registrazione di 1 secondo.

SEAT RMS: Fattore di trasmissibilità effettiva del sedile (SEAT). Si basa sui valori di accelerazione ponderati mediati nel tempo. È il rapporto tra il valore quadratico medio (RMS) misurato nella direzione Z sul pavimento del veicolo, direttamente sotto il sedile del guidatore.

SEAT VDV: Fattore di trasmissibilità effettivo del sedile (SEAT). Si basa sui valori di dose della vibrazione (VDV). È il rapporto tra il VDV misurato nella direzione Z (verticale) sulla seduta ed il valore VDV misurato nella direzione Z sul pavimento del veicolo direttamente sotto il sedile del guidatore.

RMS totale: Valore di accelerazione ponderato mediato nel tempo. Il valore di accelerazione della vibrazione del valore quadratico medio (RMS) ponderato in frequenza è misurato usando una media lineare con un tempo di mediazione che è uguale al tempo trascorso. Durante le misure di registrazione, il valore RMS viene anche mediato linearmente e salvato per ogni intervallo di registrazione di 1 secondo.

VDV: Valore di dose della vibrazione (VDV). La quarta radice dell'integrale temporale della quarta potenza dell'accelerazione di vibrazione istantanea ponderata in frequenza. VDV è misurato in $m/s^{1.75}$. Il tempo d'integrazione per le misure totali è il tempo trascorso; Per le misure di registrazione, VDV è determinato e salvato per ogni intervallo di registrazione di 1 secondo.

VDV(8)$_k$: Valore di dose della vibrazione per 8-ore. Dal VDV misurato per la durata della misura viene estrapolato/interpolato il valore che lo stesso segnale avrebbe prodotto se la durata della misura fosse stata di 8 ore e moltiplicato per il rispettivo fattore k.

VTV: Valore totale della vibrazione (VTV). La vibrazione combinata dei tre assi definita come la somma dei quadrati dei valori della vibrazione moltiplicata per i fattori k dei tre assi. I fattori k sono fattori di moltiplicazione che dipendono dal tipo di misura, mano-braccio o corpo intero. Vengono calcolati due diversi VTV: uno per l'RMS totale e uno per il VDV totale.

Indice

Brüel & Kjær Italia Srl

Via Trebbia 1 · 20090 Opera (Mi) · Tel.: 02·5768061 · Fax: 02·57604524
TORINO: C.so Susa 299 A · 10098 Rivoli (TO) · Tel.: 011·9550331 · Fax: 011·9587820
ROMA: Via Idrovore della Magliana 49 · 00148 Roma · Tel.: 06·65748775 · Fax: 06·65748701

Translation of English BE 1772-14

